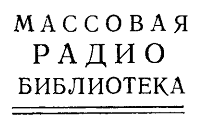
МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

В. Н. ВЕРХОТУРОВ
В. А. КАЛАЧЕВ
В. Г. КУЗЬМИН

РАДИОАППАРАТУРА ДЛЯ «ОХОТЫ НА ЛИС»





Выпуск 912

В. Н. ВЕРХОТУРОВ,
В. А. КАЛАЧЕВ, В. Г. КУЗЬМИН

РАДИОАППАРАТУРА ДЛЯ «ОХОТЫ НА ЛИС»



«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1976

6Ф2.12
В 36
УДК 621.396.6

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Берг А. И., Белкин Б. Г., Борисов В. Г., |Бурлянд В. А.| , Ванеев В. И., Геништа Е. Н., Гороховский А. В., Демьянов И. А., Ельяшкевич С. А., Жеребцов И. П., Канаева А. М., Корольков В. Г., Смирнов А. Д., Тарасов Ф. И., Чистяков Н. И., Шамшур В. И.

Верхотуров В. Н. и др.

В 36 Радиоаппаратура для «охоты на лис». М., «Энергия», 1976.

168 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 912).

Перед загл. авт.: Верхотуров В. Н., Калачев В. А., Кузьмин В. Г.

В книге указаны особенности условий работы приемной аппаратуры для «охоты на лис» и сформулированы требования, предъявляемые к ней. Кратко изложены основные вопросы пеленгации, методы повышения точности и скорости определения направления с помощью дополнительных устройств; приведены конструкции антенн, используемых в приемниках для «охоты на лис».

Значительная часть материала книги посвящена описанию разработанных авторами конструкций приемников, их изготовлению и наладки.

Книга предназначена для радиолюбителей, занимающихся конструированием спортивной аппаратуры.

В $\frac{30404\text{-}377}{051(01)\text{-}76}$ 178-76 6Ф2.12

© Издательство «Энергия», 1976 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Техническое оснащение спортсмена в «охоте на лис» играет не меньшую роль, чем его физическая и тактическая подготовка. В настоящее время «охотники» располагают совершенной аппаратурой — приемниками с антеннами направленного действия, позволяющими пеленговать «лис», определять расстояние до них и ориентироваться на местности.

Важное значение имеет и передающая аппаратура. Перспектива развития «охоты на лис» предусматривает создание специальных радиопередатчиков — легких и удобных в транспортировке, обеспечивающих необходимую мощность, высокую стабильность и надежность, а также автоматическую работу без участия оператора.

В создании и совершенствовании аппаратуры для «охоты на лис» принимали участие сами радиолюбители-спортсмены. Наибольший вклад в развитие радиоспорта внесли мастера спорта СССР Г. Мальцев, И. Шалимов, А. Цапкин, А. Гречихин, А. Акимов, Э. Кувалдин, А. Петров. Радиоспортсмен Г. Румянцев разработал конструкцию приемника, явившуюся основой пеленгатора «Лес», выпускаемого промышленностью. Большая работа по созданию передающей аппаратуры проведена сотрудниками ЦРК СССР С. Матлиным, А. Фонаревым, Ю. Твалашвили, В. Рыбкиным. Плодотворно работают над созданием аппаратуры радиолюбители зарубежных и прежде всего социалистических стран.

Первый приемник-пеленгатор для «охоты на лис» был описан в 1958 г. [1]. К настоящему времени опубликовано уже более 100 работ, посвященных радиоспорту, однако большинство описанных конструкций не отвечают современным требованиям.

В предлагаемой вниманию читателей книге указаны основные характеристики и конструкции антенн направленного действия КВ и УКВ диапазонов. Значительная часть книги посвящена описанию оригинальных конструкций приемников и передатчиков, разработанных авторами, их изготовлению и налаживанию.

В книге не освещены вопросы, связанные с организацией соревнований по «охоте на лис» и подготовкой спортсменов. Они достаточно подробно изложены в литературе [2—15].

Авторы

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. Электромагнитное поле и его характеристики

Передача различного рода информации в радиосвязи осуществляется с помощью электромагнитных волн (радиоволн), которые представляют собой распространяющееся в пространстве электромагнитное поле. Электромагнитное поле — это совокупность взаимно связанных электрического и магнитного полей, характеризующихся электрическим **E** и магнитным **H** векторами напряженности. Векторы **E** и **H** взаимно перпендикулярны, а также перпендикулярны направлению распространения **Z** электромагнитной энергии (рис. 1). Распределение амплитуд векторов **E** и **H** вдоль направления распространения в любой фиксированный момент времени и процесс изменения амплитуды этих векторов во времени в любой фиксированной точке пространства имеют синусоидальный характер.

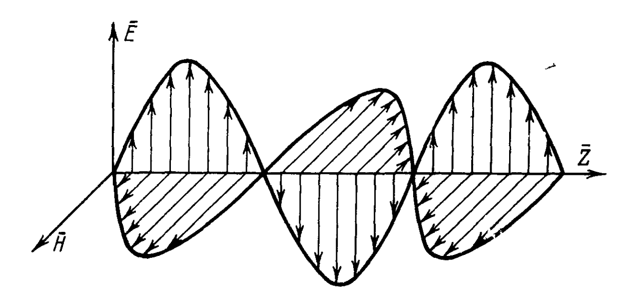


Рис. 1. Графическое изображение электромагнитной волны.

Значения E и H связаны соотношением

$$E/H = \sqrt{\mu/\varepsilon}, \quad (1)$$

где μ и ε — абсолютные магнитная и диэлектрическая проницаемости среды. Исходя из этой связи величину электромагнитного поля обычно оценивают только напряженностью электрического поля в милливольтах или микровольтах на метр.

Кратчайшее расстояние между двумя точками, на котором фаза электромагнитной волны изменяется на 2π, называется длиной волны и обозначается буквой λ. Число полных периодов изменения напряженности поля в секунду называется частотой f. Длина волны, м, и частота связаны соотношением

$$\lambda = c/f, \qquad (2)$$

где c — скорость распространения радиоволн в рассматриваемой среде. Значение c в вакууме составляет $3 \cdot 10^8$ м/с.

Для характеристики направления векторов напряженностей **E** и **H** относительно земной поверхности вводится понятие поляризации электромагнитного поля. Поляризацией электромагнитной волны называют ориентировку вектора **E** относительно плоскости ее распространения. Плоскость распространения — это плоскость, содержащая направление распространения волны и перпендикулярная к поверхности земли. Угол между плоскостью распространения и направлением вектора **E** называют углом поляризации. В общем случае угол поляризации может иметь любое значение. В частном случае, когда вектор **E** лежит в плоскости распространения, поляризацию электромагнитного поля принято называть вертикальной, а когда вектор **E** перпендикулярен этой плоскости — горизонтальной. При этом вектор **H**, оставаясь перпендикулярным вектору **E**, соответственно перпендикулярен плоскости распространения или лежит в ней. В общем случае вектор **E** в зависимости от типа и ориентации передающей антенны и условий распространения может иметь вертикальную и горизонтальную составляющие.

Электромагнитные волны характеризуются также такими понятиями, как луч и фронт волны. Лучом называется линия, вдоль которой распространяется электромагнитная волна. Фронтом волны называется геометрическое место точек, в которых фаза электромагнитной волны одинаковая. Так, точечный источник излучения в однородной среде создает сферическую волну, имеющую фронт в виде сферы с центром в точке расположения излучателя. На большом расстоянии сферическая волна приближается к плоской, имеющей фронт волны в виде плоскости.

Излучение, распространение и прием радиоволн. Радиоволны излучаются в окружающее пространство с помощью антенн, которые преобразуют энергию поступающих от радиопередатчика токов высокой частоты в энергию электромагнитного излучения. Простейший тип передающей антенны — отрезок прямолинейного провода (вибратор). Любую такую антенну можно рассматривать как «открытый колебательный контур» с равномерно (или почти равномерно) распределенной по длине индуктивностью и емкостью. Индуктивность и емкость вибратора зависят от его геометрических размеров и определяют резонансную частоту контура. При подключении к зажимам вибратора э. д. с. генератора (напряжения выходного каскада передатчика) в нем возбуждаются токи и заряды, которые создают электромагнитное поле в окружающем пространстве.

Преобладающее большинство антенн КВ и УКВ диапазонов представляют собой симметричные или несимметричные вибраторы, длина которых равна половине или четверти длины волны излучаемых ими электромагнитных волн. Симметричный полуволновой вибратор и распределение тока и напряжения по его длине приведены на рис. 2. На рисунке видно, что в центре полуволнового вибратора

находится узел напряжения, что позволяет использовать вибратор с длиной $\lambda/4$ в качестве антенны для диапазонов 10 и 80 м. Источник э. д. с. подключают к такому вибратору одним зажимом, а второй зажим заземляют. Вибратор вместе со своим зеркальным изображением образует симметричный полуволновой вибратор.

Передающая антенна создает поля индукции и излучения. В ближней зоне (на расстоянии, меньшем длины волны) существуют главным образом поля электростатической и электромагнитной индукции. Напряженность электростатической индукции обратно пропорциональна кубу расстояния, а электромагнитной — квадрату расстояния от передатчика. Поле излучения в этой зоне сравнительно мало [16]. Поля индукции быстро убывают при удалении от излучателя и на расстоянии 2—3 длин волн практически остается лишь одно поле излучения. Кстати, отметим, что в зоне излучения векторы напряженности электрического и магнитного полей совпадают по фазе, в то время как в зоне индукции между ними имеется сдвиг фаз, достигающий 90° в непосредственной близости от излучателя.

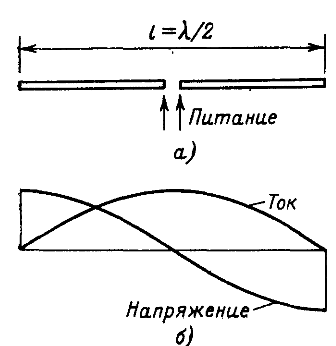


Рис. 2. Симметричный полуволновой вибратор (*а*), распределение тока и напряжения в нем (*б*).

По характеру распространения радиоволн различают поверхностные волны, т. е. волны, излучаемые передатчиком и распространяющиеся непосредственно над земной поверхностью, и пространственные, распространяющиеся под различными углами к земной поверхности и поступающие в точку приема после отражения и преломления в ионосфере. В «охоте на лис» всегда используются только поверхностные волны, в то время как пространственные волны создают помехи приему (в особенности в диапазоне 10 м).

Напряженность поля E, мкВ/м, на расстояниях от излучателя, значительно превышающих длину волны, прямо пропорциональна корню квадратному из излучаемой мощности P и обратно пропорциональна расстоянию R от передатчика [17]

$$E = \frac{5790\sqrt{P}}{R}, \qquad (3)$$

Выражение (3) справедливо только в случае равномерного излучения электромагнитной энергии во все стороны в свободном пространстве. При распространении радиоволн в реальных условиях происходит их сложное взаимодействие с окружающей средой, приводящее к изменению структуры электромагнитного поля. В зависимости от условий среды радиоволны могут поглощаться, отражаться, преломляться, рассеиваться, интерферировать. Наибольшие изменения характеристик электромагнитных волн наблюдаются на границе раздела сред (например, воздуха и земли), причем эти изменения существенным образом зависят от проводимости почвы (по своим свойствам сухой песок близок к диэлектрику, а болотистая почва — к проводнику); большое влияние на

амплитудные и структурные характеристики поля оказывают различного рода препятствия, вторичные излучатели (горы, линии электро- и радиопередачи, деревья и т. п.).

В точке приема на вход пеленгатора воздействует суммарное поле истинного, отраженных и дифрагированных сигналов с измененными (относительно истинного) поляризационными и амплитудными характеристиками. В наиболее неблагоприятных условиях эти изменения приводят к тому, что отраженные пеленги (особенно в диапазоне УКВ) выражены более ярко, чем истинные. Значительные искажения наблюдаются в случае, когда между приемной и передающей антеннами нет прямой видимости.

В реальных условиях при проведении тренировок и соревнований условия распространения радиоволн различны. Поэтому невозможно дать готовых рекомендаций для всех случаев. Изучение основ распространения радиоволн и принципов радиопеленгации в сочетании с практическим навыком поможет спортсмену найти наиболее правильное решение в конкретной ситуации [16—21]. Ряд полезных сведений по пеленгованию передатчиков в «охоте на лис» дан в книге А. И. Гречихина [8].

Для приема радиоволн используют приемные антенны, которые выполняют функцию преобразования энергии электромагнитного поля в энергию токов высокой частоты. В приемниках-пеленгаторах антенна должна обладать свойствами, обеспечивающими не только прием, но и избирательное выделение радиосигналов, приходящих с разных направлений.

2. Характеристики антенн

Из принципа взаимности следует, что всякая антенна обладает одинаковыми характеристиками независимо от того, излучает она радиоволны или принимает их. Этим свойством часто пользуются при определении параметров антенн или при описании их принципа действия. К основным параметрам, характеризующим свойства антенн, относятся диаграмма направленности, действующая высота, входное сопротивление, полоса пропускания, коэффициент усиления антенны [19]. Некоторые из этих характеристик различны при приеме или передаче радиоволн различной поляризации. В «охоте на лис» поляризация излучения строго определена правилами соревнований (в диапазоне 10 и 80 м вертикальная, в диапазоне 2 м — горизонтальная). Поэтому и конструкции антенн выбирают из соображений обеспечения требуемой поляризации для передатчиков и максимальной эффективности при приеме сигналов соответствующей поляризации для приемников. Однако условия излучения не гарантируют сохранения поляризации в месте приема из-за искажений поля средой в процессе распространения. Поэтому необходимо знать характеристики антенн при приеме произвольно поляризованного излучения.

Диаграмма направленности — графическое выражение зависимости мощности, излучаемой антенной на одинаковом расстоянии от нее в различных направлениях. В общем случае диаграмма направленности представляет собой пространственную фигуру, каждая точка которой определяется азимутальным и меридиональным углами и э. д. с. Однако практически в большинстве случаев ограничиваются снятием диаграммы направленности в двух взаимно перпендикулярных плоскостях поляризации векторов **E** и **H**.

Диаграммы направленности строят нормированными, с главным максимумом, приведенным к единице. Для этого в полярной или прямоугольной системах координат в горизонтальной и вертикальной плоскостях откладывают отношение напряженности поля, излучаемого антенной в произвольном направлении к максимальному

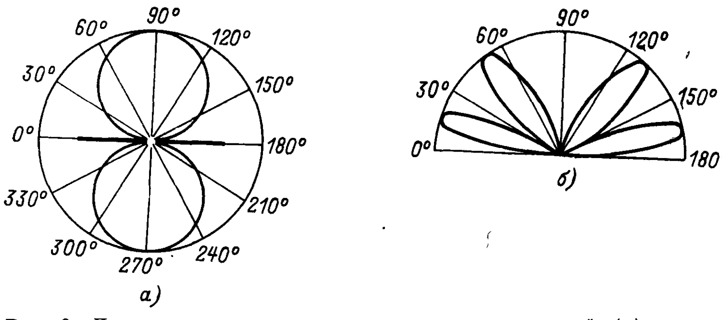


Рис. 3. Диаграммы направленности в горизонтальной (*а*) и вертикальной (*б*) плоскостях симметричного полуволнового вибратора, подвешенного горизонтально на высоте λ.

значению напряженности поля. Часто пользуются понятием диаграммы направленности по мощности, которая является квадратом диаграммы направленности по напряженности поля. В качестве примера на рис. 3 приведены нормированные диаграммы направленности в горизонтальной и вертикальной плоскостях симметричного полуволнового вибратора, подвешенного горизонтально на высоте λ.

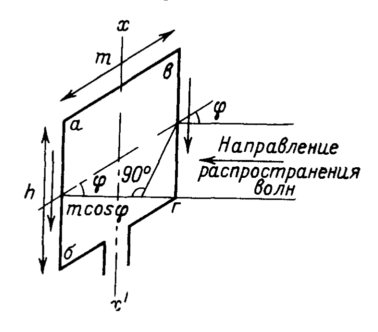


Рис. 4. К выводу уравнения диаграммы направленности рамочной антенны.

В качестве приемных антенн в диапазонах 10 и 80 м в настоящее время применяют ферритовые и рамочные антенны в сочетании со штыревой, а в диапазоне 2 м — антенны типа «волновой канал».

В простейшем случае рамочная антенна представляет собой плоский виток провода прямоугольной формы с осью вращения, совпадающей с осью xx' симметрии рамки (рис. 4). Рассмотрим случай, когда такая рамка расположена в вертикальной плоскости и пересекается вертикально поляризованной волной с направлением распространения, которое в горизонтальной плоскости образует угол φ с плоскостью рамки. В этих условиях э. д. с. индуцируется только в вертикальных проводах рамки (*аб* и *вг*). В проводе *вг* э. д. с. определяется по выражению

$$e_{\text{вг}} = E_m h \sin \omega t, \qquad (4)$$

где E_m — амплитуда напряженности электрического поля.

В проводе *аб* с учетом отставания по фазе на угол $\alpha(m \cos \varphi)$ из-за разности хода волн $m \cos \varphi$ выражение для э. д. с. имеет вид:

$$e_{аб} = E_m h \sin[\omega t - \alpha(m \cos \varphi)]. \quad (5)$$

Мгновенное значение суммарной э. д. с. в результате последовательного включения направленных навстречу э. д. с. $e_{аб}$ и $e_{вг}$ будет равно их разности:

$$e_а = E_m h \{\sin \omega t - \sin[\omega t - \alpha(m \cos \varphi)]\}. \quad (6)$$

Простое преобразование полученной формулы с учетом того, что для диапазонов 10 и 80 м $m \ll \lambda$, а $hm = s$, приводит к выражению

$$e_а = 2 \frac{E_m \pi s}{\lambda} \cos \varphi \cos \left[\omega t - \frac{\alpha(m \cos \varphi)}{2}\right]. \quad (7)$$

Амплитуда этой э. д. с. $E_{аm}$ без учета зависимости от угла поворота рамки φ

$$E_{am} = \frac{2E_m \pi s}{\lambda}.$$

Обозначим амплитуду э. д. с., наведенной в рамке в зависимости от угла φ, как $E_{а\varphi m}$, тогда

$$E_{а\varphi m} = E_{am} \cos \varphi.$$

Очевидно, что подобное выражение справедливо и для действующих значений э. д. с., наведенной в рамке,

$$e_{а\varphi m} = E_а \cos \varphi. \quad (8)$$

Из выражения (8) следует, что диаграмма направленности рамки имеет форму «восьмерки» — двух касающихся друг друга окружностей (рис. 5,*а*). В направлении, перпендикулярном плоскости рамки ($\varphi = 90$ и $270°$), разность хода электромагнитной волны (*аб* и *вг*) отсутствует, и поэтому суммарная э. д. с. равна нулю. При $\varphi = 0$ и $180°$ разность хода максимальна, что и определяет максимальную величину суммарной э. д. с.

$$e_{0°,180°} = E_а. \quad (9)$$

Применение рамки в качестве антенны для пеленгации не позволяет избежать двузначности показаний, так как условия минимального ($\varphi = 90$, $270°$) или максимального ($\varphi = 0$, $180°$) приема соблюдаются для двух противоположных направлений. Обычно для получения однонаправленного приема используют комбинированное включение направленной (рамочной) и ненаправленной (штыревой) антенн. В ненаправленной антенне наводимое напряжение не зависит от направления прихода волны. Если при таком включении напряжения на входах приемников равны между собой ($e_р = e_ш = E_{аm}$) и совпадают по фазе, суммарное напряжение равно:

$$e_а = E_{аm}(1 + \cos \varphi). \quad (10)$$

Форма диаграммы направленности, определяемая коэффициентом $(1+\cos\varphi)$, называется кардиоидой. Кардиоида имеет один максимум и один минимум (рис. 6, поз. *3*). Максимум и минимум кардиоиды значительно тупее минимума «восьмерки», поэтому для пеленгования антенну с кардиоидной характеристикой используют в основном при сильных искажениях электромагнитного поля излучателя, вызванных рельефом и окружающими предметами. Как

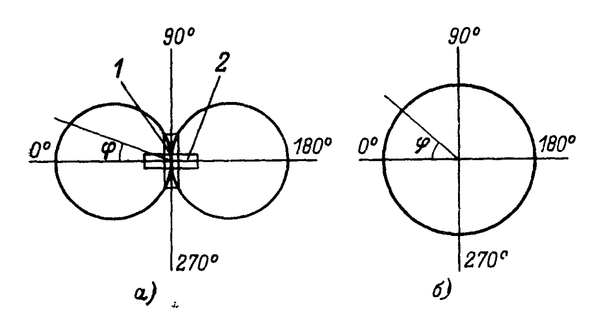


Рис. 5. Диаграммы направленности рамочной антенны в горизонтальной (*а*) и вертикальной (*б*) плоскостях.

1 — ферритовая антенна; *2* — рамочная антенна.

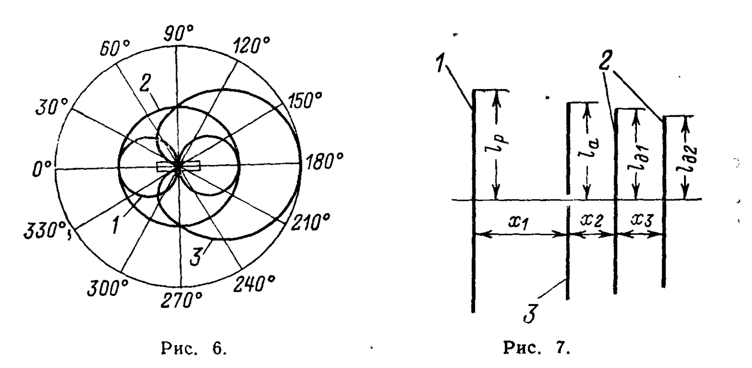


Рис. 6. Рис. 7.

Рис. 6. Диаграммы направленности рамочной антенны (*1*); штыревой (*2*) и комбинированной (*3*).

Рис. 7. Схематическое изображение антенны типа «волновой канал».

1 — рефлектор; *2* — пассивные вибраторы; *3* — активный вибратор.

правило, антенну с кардиоидной характеристикой используют для определения направления, в котором находится передатчик, а точное направление определяют с помощью антенны с характеристикой направленности в виде «восьмерки» по ее минимуму. Диаграмма направленности рамочной антенны в вертикальной плоскости показана на рис. 5,*б*.

Антенна типа «волновой канал» для диапазона 2 м состоит из полуволнового вибратора (активного элемента), рефлектора и одного или нескольких директоров. В «охоте на лис», как правило, используют трех- и четырехэлементные антенны. Гораздо реже применяют двухэлементные антенны с активным включением обоих элементов. Схематично четырехэлементная антенна типа «волновой канал» показана на рис. 7.

Рассмотрим принцип формирования диаграммы направленности в антеннах типа «волновой канал». Если антенна используется в качестве передающей, то источник ВЧ колебаний подключают к активному элементу, представляющему собой симметричный полуволновой вибратор (если антенна используется в качестве приемной, к активному элементу подключают вход приемника). Диаграмма направленности вибратора имеет форму «восьмерки» с максимальной напряженностью поля в направлении, перпендикулярном его оси. В пассивных вибраторах, помещенных на пути распространения электромагнитных волн, наводятся токи, являющиеся источником вторичного излучения. Амплитуды и фазы этих токов зависят от размеров и взаимного расположения всех элементов антенны. При совпадении амплитуды и фазы вторичного излучения с первичным происходит усиление колебаний в направлении от активного вибратора к пассивному, при несовпадении фаз — ослабление. Теоретически это означает, что рефлектор антенны должен быть настроен так, чтобы возникающий в нем ток опережал по фазе ток активного вибратора, т. е. рефлектор должен иметь положительную реактивную составляющую полного сопротивления. Наоборот, токи директоров должны отставать по фазе от тока активного элемента, т. е. иметь отрицательную реактивную составляющую.

Получение положительной реактивной составляющей вибратора на практике обеспечивают увеличением его длины относительно резонансной, а отрицательной реактивной составляющей — соответствующим уменьшением длины вибратора. Используя этот принцип, добиваются однонаправленного излучения от рефлектора к директорам подбором размеров отдельных элементов антенны ($l_р$, $l_а$, $l_д$) и расстояния между ними (x_1, x_2, x_3). Форма диаграммы направленности определяется взаимно зависимыми амплитудно-фазовыми соотношениями токов во всех элементах антенны, причем условия получения токов максимальной амплитуды и оптимального соотношения фаз для сложения полей в главном направлении не совпадают [23].

Поля в главном направлении складываются почти синфазно, если директоры антенны сильно укорочены ($2l_д < 0{,}4 \div 0{,}41\lambda$). Однако при этом вибраторы далеки от резонанса, и токи, наводимые в них, малы. Наоборот, если длины директоров соответствуют резонансным ($2l_д \geqslant 0{,}44\lambda$), то поля в главном направлении складываются не синфазно. Исходя из этого практически приходится останавливаться на таком соотношении размеров всех элементов антенны и их взаимном расположении, при котором получается максимальное усиление в главном направлении.

С целью уменьшения габаритов и улучшения пеленгационных характеристик УКВ антенн для приемников-пеленгаторов предпринимаются попытки создать антенны других типов. Так, в [22] описана антенна «лисолова» на 144 МГц на ферритовых кольцах, использующая принцип синфазно-противофазного включения элементов. Основу антенны составляет комбинация противофазной па-

ры излучателей и диполя. Диаграмма направленности противофазной пары имеет вид «восьмерки»; ее э. д. с. изменяет знак в зависимости от направления прихода сигнала. Диаграмма диполя в плоскости H — круг, полярность э. д. с. не зависит от направления.

Если сложить э. д. с. противофазной пары и диполя, совмещенных в пространстве, то суммарная диаграмма направленности будет однонаправленной (в частности, кардиоида, если максимальные амплитуды э. д. с. противофазной пары и диполя равны). Авторами изготовлена антенна с шириной диаграммы направленности 60 и 90° в главных плоскостях. Размеры антенны 90×250 мм (что существенно меньше, чем у антенны типа «волновой канал» 1000×1000 мм).

К. Харченко предложена антенна для диапазона 2 м с одним минимумом диаграммы направленности [23]. Антенна представляет собой комбинацию двух вибраторов, напряжения с которых при приеме с «нулевого» направления равны по амплитуде, а фазы сдвинуты на 180°. При соблюдении условий для фаз и амплитуд сигнал на выходе такого антенно-фидерного устройства равен нулю, а при повороте имеет значение, зависящее от угла поворота.

Описанные антенны уступают антеннам типа «волновой канал» по основным характеристикам и практического применения не нашли. Однако ряд существенных преимуществ этих антенн, и прежде всего их малые габариты, определяют целесообразность продолжения разработок новых конструкций антенн, имеющих меньшие габариты и лучшие пеленгационные характеристики.

Диаграммы направленности четырехэлементной антенны «волновой канал» в вертикальной и горизонтальной плоскостях показаны на рис. 8. По ним определяют два важных параметра, позволяющих сравнивать характеристики разных антенн: ширину диаграммы направленности и обратное ослабление [24]. Ширина диаграммы направленности — это угол, в пределах которого амплитуда э. д. с. уменьшается до величины, равной 0,7 максимальной (угол φ на рис. 8,*а*). Практически ширина диаграммы направленности антенны типа «волновой канал» в приемниках для «охоты на лис» лежит в пределах от 50 до 90°.

Обратное ослабление — параметр, характеризующий отношение максимальной амплитуды основного лепестка диаграммы направленности к максимальной амплитуде обратного. Обратное ослабление антенн типа «волновой канал» в спортивных приемниках-пеленгаторах составляет около 12 дБ, комбинированной антенны (рамочной и штыревой) 15—20 дБ.

Действующая высота и эквивалентное сопротивление антенны. Эффективность преобразования антенной энергии электромагнитных волн приемника в напряжение на входе приемника характеризуют значением действующей высоты антенны $h_д$, которая определяется соотношением между составляющей напряженности поля E, параллельной оси антенны, и э. д. с. e_a, наводимой в антенне [20]:

$$e_a = h_д E. \qquad (11)$$

Чем больше действующая высота антенны, тем она эффективнее. Из-за неравномерного распределения тока и напряжения вдоль антенны действующая высота не равна геометрическим размерам антенны. Так, действующая высота вертикально заземленного вибратора, геометрическая длина которого $h \ll \lambda$, приблизительно равна $h/2$. Для симметричного вибратора при тех же условиях $h_д \approx h$.

Действующая высота полуволнового вибратора равна λ/π, так что для диапазона 2 м $h_д \approx 0{,}64$.

Для рамочной антенны с учетом формулы (7)

$$h_д = 2\pi N s/\lambda. \qquad (12)$$

Так, для одновитковой рамочной антенны с диаметром 0,25 м при $\lambda = 10$ м $h_д = 3{,}14$ см; при $\lambda = 85$ м $h_д = 0{,}37$ см.

Важным параметром, характеризующим свойства антенн, является входное сопротивление $Z_а$ — сопротивление, оказываемое току генератора у входных зажимов антенны. Учет этого параметра позволяет правильно согласовать антенну со входом приемника или выходом передатчика и добиться максимальной ее эффективности.

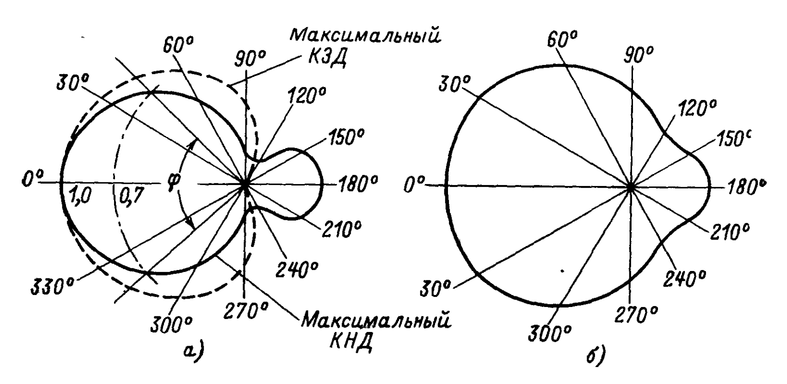


Рис. 8. Диаграмма направленности антенны типа «волновой канал» в горизонтальной (*а*) и вертикальной (*б*) плоскостях.

В общем случае сопротивление антенны, как и всякого колебательного контура, имеет активную $R_а$ и реактивную $X_а$ составляющие. Для увеличения эффективности антенны ее настраивают в резонанс, добиваясь, чтобы $X_а = 0$, т. е. входное сопротивление было чисто активным. Активная составляющая складывается из сопротивления излучения R_Σ и сопротивления потерь $R_п$. Сопротивление излучения характеризует способность антенны излучать электромагнитные волны и количественно равно активному сопротивлению, на котором рассеивается мощность, численно равная излучаемой при равенстве токов в антенне и этом сопротивлении. Сопротивление потерь характеризует эквивалентное сопротивление потерь в проводах и изоляторах антенны, земле, окружающих предметах. В приемных антеннах для «охоты на лис» сопротивления потерь крайне низки и выходное сопротивление определяется лишь сопротивлением излучения.

Для полуволнового вибратора активное входное сопротивление близко к 75 Ом; добавление рефлектора и пассивных вибраторов приводит к его значительному снижению. Так, при присоединении только рефлектора входное сопротивление снижается до 20—25 Ом. Входное сопротивление 3 и 4-элементной антенны типа «волновой канал» составляет 10—20 Ом, а рамочной и ферритовой антенн 1—10 кОм.

Частотная характеристика антенны представляет зависимость тока в антенне от частоты при постоянном по амплитуде напряжении на входе. Желательно, чтобы частотная характеристика в пределах рабочего диапазона была линейна. Однако практически этого невозможно достичь без принятия специальных мер, так как система обладает резонансными свойствами и вносит частотные искажения. Параметр, характеризующий частотную характеристику антенны, называется полосой пропускания — диапазон частот, в пределах которого измеряемый параметр (например, чувствительность приемника), изменяется в 1,5—2 раза. Так, для диапазона 2 м полоса пропускания составляет ±10% средней частоты диапазона, поэтому снижение чувствительности незначительно.

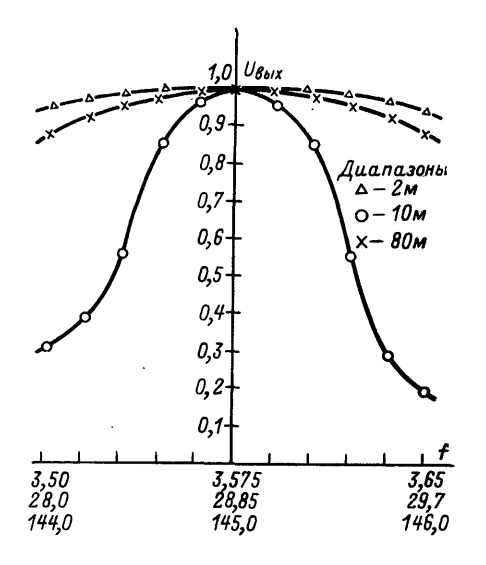


Рис. 9. Нормированные частотные характеристики системы антенна-усилитель ВЧ трехдиапазонного приемника со сменными головками и монолитным общим блоком.

Несколько хуже дело обстоит в диапазонах 80 и 10 м. Для получения максимального напряжения на входе приемника желательно иметь возможно большие добротности рамок. У одновитковой рамочной антенны добротность может достигать 150—200 в диапазоне 10 м и 30—50 — в диапазоне 80 м.

Полоса пропускания Δf и добротность Q связаны соотношением

$$2\Delta f = f_{ср}/Q,$$

где $f_{ср}$ — средняя частота диапазона.

Из этой формулы следует, что полоса пропускания антенны для диапазонов 10 и 80 м приблизительно равна 145 и 70 кГц. Из сравнения этих значений с необходимым перекрытием по частоте следует, что для получения максимальной чувствительности необходимо обеспечить перестройку резонансной частоты антенны по диапазону.

В качестве примера на рис. 9 приведены частотные характеристики антенн вместе с усилителем ВЧ приемника, в котором отсутствует перестройка антенных контуров и контуров усилителя ВЧ.

3. Приемные антенны для КВ диапазона

Как уже отмечалось, чувствительность и пеленгационные свойства приемника определяются прежде всего характеристиками антенны. При выборе типа антенны и ее конструктивном исполнении руководствуются следующими основными требованиями, которым она должна удовлетворять:

высокая точность пеленгования, определяемая формой диаграммы направленности;

высокая эффективность для создания максимального сигнала на входе приемного устройства;

равномерная частотная характеристика;

постоянство характеристик при различных расстояниях от передатчика;

хорошая различимость поляризаций.

С точки зрения изготовления, настройки и эксплуатации антенна должна быть механически прочной и надежной; иметь минимальные габариты и массу, не затруднять передвижения в густых зарослях; быть простой в изготовлении и удобной для согласования элементов; влагозащищенной; безопасной при эксплуатации.

Ни один из известных типов антенн не удовлетворяет в равной мере указанным требованиям. Поэтому при выборе типа антенны принимают компромиссное решение, исходя из имеющихся возможностей и конкретного назначения приемника.

Рамочные и ферритовые антенны. В первые годы в «охоте на лис» для диапазона 80 м применялись в основном системы, состоящие из ферритовой и штыревой антенн. Впоследствии большинство спортсменов стали применять рамочные антенны, что определилось резко возросшими требованиями к чувствительности и механической прочности аппаратуры. Рамочная антенна имеет существенно меньший температурный коэффициент индуктивности, меньше подвержена механическим воздействиям и влиянию магнитных полей. С другой стороны, ферритовые антенны обеспечивают в целом большую точность пеленгации. Это обстоятельство при поиске новых путей повышения точности пеленгации в последнее время снова привлекло внимание конструкторов-спортсменов к ферритовым антеннам.

К недостаткам рамочных и ферритовых антенн относятся малая действующая высота и наличие «антенного эффекта». «Антенный эффект» рамочной антенны выражается в том, что из-за нарушения электрической симметрии плеч рамки (вследствие неравного распределения емкостей между ними, корпусом приемника, телом оператора, окружающими предметами и землей) она начинает частично принимать как открытая (не направленная), что приводит к искажению диаграммы направленности и размыванию ее минимумов.

Наличие «антенного эффекта» означает, что на входе приемного устройства наряду с напряжением направленного приема $U_{н}$, которое определяется током через рамку, присутствует паразитное напряжение «антенного эффекта» $U_{а.э}$. Фаза напряжения $U_{а.э}$ при емкостной асимметрии смещена приблизительно на 90° относительно фазы напряжения $U_{н}$. Это приводит к расплывчатости минимумов диаграммы направленности (внефазный «антенный эффект»).

В общем случае асимметрия антенных устройств может иметь не только емкостный характер. Так, например, плохая изоляция плеч рамки по отношению к земле эквивалентна подключению активного сопротивления утечки. Напряжение «антенного эффекта», вы-

званное этой причиной, совпадает по фазе с напряжением $U_н$ (фазный «антенный эффект»). В этом случае, когда прямой и обратный пеленги смещены один относительно другого на угол, отличающийся от 180°, наблюдается излом оси минимумов.

При одновременном воздействии фазной и внефазной составляющих «антенного эффекта» наряду с изломом оси минимумов появляется и расплывчатость минимумов.

При конструировании рамочных антенн принимают меры для снижения антенного эффекта. Для получения емкостной симметрии обоих плеч рамки помещают в электростатический экран (рис. 10,*а*).

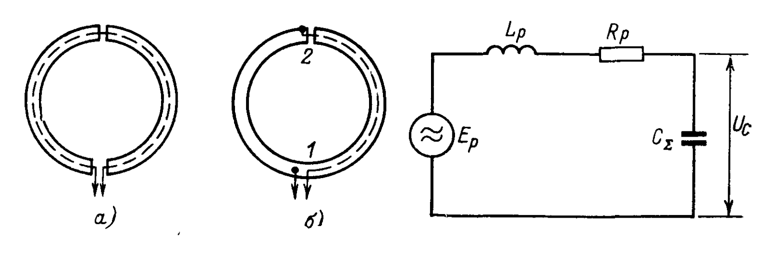


Рис. 10. Рис. 11.

Рис. 10. Схематическое изображение одновитковой (*а*) и полувитковой (*б*) рамочных антенн.

Рис. 11. Эквивалентная схема рамочной антенны.

Для исключения круговых токов, создающих поле приема самим экраном, последний делают разрезным. Витки рамки жестко закрепляют в экране, что позволяет одинаково распределить емкость обоих плеч относительно экрана. Снижения «антенного эффекта» добиваются симметричным включением рамки, применением индуктивной связи с антенной, подключением симметрирующего конденсатора к концам рамки, компенсацией э. д. с., обусловленной «антенным эффектом» и т. п.

Практически для снижения фазного «антенного эффекта» прежде всего добиваются надежной изоляции прокладываемого внутри экрана провода, строго фиксированного положения его относительно стенок, надежных электрических контактов экрана с корпусом и выводов антенны в месте пайки.

Влияние «антенного эффекта» в значительной мере снижается в полувитковой рамочной антенне [21]. Такая антенна образована из двухпроводной короткозамкнутой линии, проводники которой (половина экрана и рамки) симметрично изогнуты относительно линии, проходящей через точку *1* нулевого потенциала и разрез экрана *2* (рис. 10,*б*). Независимо от полярности наведенной в антенне э. д. с. в силу симметрии конструкции антенны в точке *1* сохраняется нулевой потенциал, что и определяет при хорошем качестве изготовления отсутствие «антенного эффекта».

Подробный анализ схем входных цепей, методика их расчета и конструирования приведены в различных пособиях по радиоприемным устройствам [25—28]. Здесь мы лишь кратко остановимся только на рассмотрении некоторых основных вопросов, позволяющих получить общее представление. На рис. 11 приведена обобщен-

ная эквивалентная схема включения антенного контура, состоящая из конденсатора C и индуктивности L и настроенного в резонанс с частотой сигнала. Напряжение сигнала снимается с емкости C_{Σ}, которая равна сумме контурной емкости, емкостей антенны и монтажа. Сопротивление $R_{р}$ представляет собой активную составляющую суммарного сопротивления потерь и излучения антенны.

Напряжение, снимаемое с конденсатора C, равно произведению э. д. с. $E_{р}$, наводимой в антенном контуре, и добротности контура Q:

$$U_{c}=E_{р}Q. \qquad (13)$$

При прочих равных условиях чувствительность приемника определяется эффективностью его входа P, которая представляет собой отношение напряжения сигнала на входе УВЧ к напряженности поля в месте приема

$$P=U_{c}/E=h_{д}Q. \qquad (14)$$

Для воздушной рамочной антенны с учетом формулы (12)

$$P_{р}=Q_{р}N\frac{2\pi s_{р}}{\lambda}. \qquad (15)$$

Для ферритовой антенны

$$P_{ф}=Q_{ф}\frac{2\pi s_{ф}}{\lambda}N\mu. \qquad (16)$$

Как видно из приведенных формул, для увеличения эффективности необходимо увеличивать диаметр рамки или ферритового стержня и витков, причем из-за квадратичной зависимости увеличение диаметра предпочтительнее. Практически же диаметр воздушных рамочных антенн из-за ограничения, накладываемого требованиями удобств передвижения, в особенности по густому лесу и кустарнику, не должен превышать 30—35 см. В этих условиях для диапазона 80 м желательно увеличить число витков. Вместе с тем все большее распространение приобретают полувитковые рамочные антенны, эквивалентные по эффективности одновитковым, но обладающие лучшими пеленгационными свойствами.

Для увеличения эффективности ферритовых антенн применяют стержни увеличенного диаметра или их наборы по 7—9 штук в каждой антенне. Однако при несомненных преимуществах такого решения нельзя не отметить резкое увеличение массы конструкции.

Согласование рамочной антенны со штыревой. Как было показано выше, для получения неискаженной кардиоиды необходимо добиться точного согласования амплитуд и фаз э. д. с., наводимых в рамочной и штыревой антеннах.

В штыревой антенне э. д. с. совпадает по фазе с напряженностью электрического поля, а в рамочной — с напряженностью магнитного поля, т. е. между ними имеется сдвиг фаз 90°. Для его устранения искусственно сдвигают фазу э. д. с. штыревой антенны на 90°, чтобы фазы тока и напряжения в антенне совпадали. Совпадение фаз можно получить, включив в цепь штыревой антенны резистор с большим сопротивлением (рис. 12,*а*).

В практических схемах в цепь штыревой антенны подключают катушку индуктивности $L_ш$, которая вместе с емкостью штыря образует последовательный резонансный контур. Это обеспечивает при соответствующем подборе индуктивности катушки и сопротивления резистора $R_ш$ точное согласование. Наиболее распространенная схема согласования приведена на рис. 12,*б*. Здесь согласующий

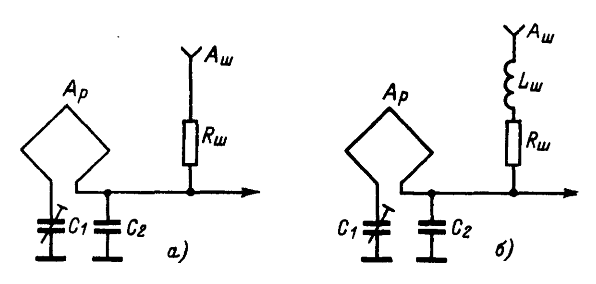


Рис. 12. Схемы согласования рамочной и штыревой антенн с помощью согласующего резистора (*а*) и согласующего резистора и дросселя (*б*).

резистор $R_ш$ имеет сопротивление 510—2000 Ом для диапазона 10 м и 1—10 кОм для диапазона 80 м. Соответствующие значения индуктивностей лежат в пределах 10—20 мкГ и 60—100 мкГ.

Хорошие результаты могут быть получены при применении схемы согласования, предложенной А. Партиным [30]. В этой схеме осуществляется сдвиг фазы э. д. с. не штыревой, а рамочной антенны (рис. 13).

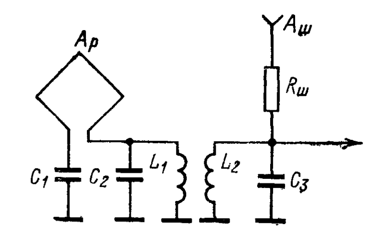


Рис. 13. Схема согласования с использованием согласующего трансформатора.

4. Конструкции антенн для «охоты на лис»

Рамочные антенны. Такие антенны могут иметь различную форму, но практически изготовляются только круглыми, что обусловлено простотой изготовления при соблюдении условий симметрии, большой механической прочностью и «обтекаемостью» при передвижении по густым зарослям. Конструкция одной из наиболее распространенных антенн этого типа для «охоты на лис» приведена на рис. 14. Экран антенны *2* представляет собой дюралюминиевую трубку, согнутую в форме кольца. Внешний диаметр трубки для диапазона 10 м составляет 12 мм, для диапазона 80 м — 10 мм; толщина стенок 1 мм. Внутри экрана пропущен один виток посеребренного провода *3* диаметром 1 мм в центрирующих фторопластовых шайбах *4*. Толщина шайб 1 мм, диаметры несколько меньше внутреннего размера экрана, так как при изгибе трубки она приобретает форму эллипса. Наиболее подходящие диаметры

шайб, обеспечивающие их установку внутрь трубки и жесткую фиксацию провода, равны 9,6 и 7,6 мм соответственно. Шайбы распределены равномерно через каждые 2 см с помощью полихлорвиниловых трубок *1*, надетых на провод. Диаметр антенны 300 мм. Концы трубок вставлены в отверстия в выступах головок приемника и зафиксированы прижимными винтами М2. В верхней части трубки разрезаны и закреплены на расстоянии 3 мм друг от друга с помощью фторопластовой втулки *10*.

Штыревая антенна — составная; одна ее часть выполнена из дюралюминиевой трубки *12* диаметром 6 мм. Внешняя (относительно рамки) часть 9 изготовлена из желобчатой стальной ленты. Лента крепится к накладке *8*, вертикальная часть которой срезана под углом 45° к плоскости рамки. Закрепление под углом необходимо для того, чтобы при сгибании конец ленты уходил в сторону, предохраняя тем самым спортсмена от возможной травмы. Нижняя накладка *7* вставлена в трубку *12*. Соединение накладок *7* и *8* осуществляется винтами М3, проходящими и через втулку *11*. Включение и выключение штыревой антенны осуществляют поворотом ручки *14*. При этом поворачивается стержень *15*, на одном конце которого впаян ножевой контакт *16*. На другом конце стержня укреплен контакт 6 от разъема ШРМ, ответная часть *13* которого установлена в трубке антенны.

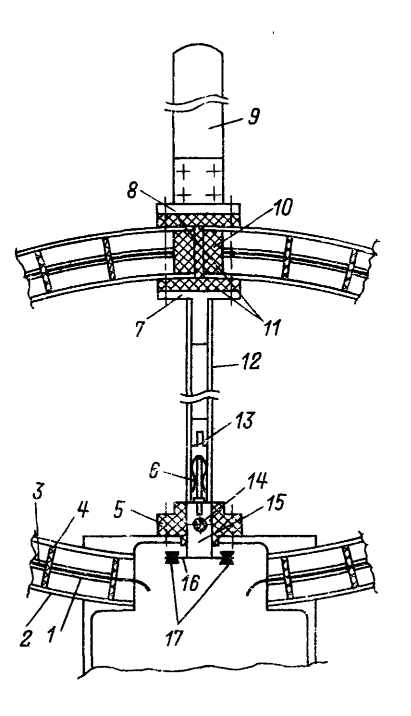


Рис. 14. Конструкция рамочной антенны.

Изготовление внутреннего диаметра фторопластовой втулки *5* точно по размеру стержня обеспечивает надежную влагозащищенность этого перехода. В качестве пружинящих контактов *17* использованы контакты от разъемов типа РПЗ-30, запаянные непосредственно на плате головок.

Дюралюминиевую трубку для экрана антенн можно согнуть на металлической или деревянной болванке с диаметром на 3—4 см меньше требуемого. Сгибают приблизительно 1,5—2 кольца, затем из наиболее качественных участков выбирают два полукольца. Для уменьшения эллиптичности при сгибании желательно набить трубку песком.

Отверстия в корпусе приемника просверливают под углом (см. рис. 14). После окончательной установки антенны все щели заливают эпоксидной смолой, в которую добавляют металлические опилки.

Полувитковую рамочную антенну изготавливают таким же способом, только внутренний провод вытягивают в отверстие в верхней части левой половины экрана в непосредственной близости от разреза и надежно закрепляют с помощью винта.

При изготовлении многовитковой рамочной антенны для диапазона 80 м протаскивают сразу необходимое количество витков и спаивают их концы или же последовательно пропускают несколько витков одного провода. В последнем случае удобнее использовать капроновую леску длиной 2,5 м, которую вставляют в трубку, на середине завязывают узелок, к которому закрепляют конец провода. Длину провода берут с некоторым запасом. В начале протягивают один виток в одну сторону, затем за узел лески зацепляют другой конец провода и в обратную сторону протягивают второй виток. Операцию повторяют до намотки нужного числа витков. При изготовлении многовитковой рамки, как правило, используют многожильный хорошо изолированный провод (например, типа ЛЭШО 7×0,07).

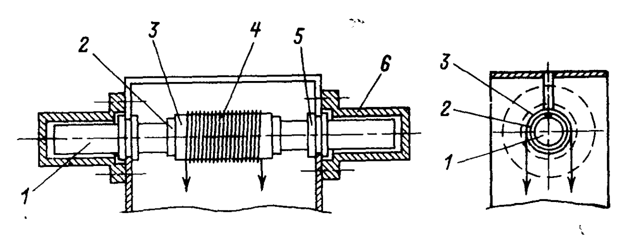


Рис. 15. Конструкция ферритовой антенны.

Ферритовые антенны. В качестве стержней применяют ферриты марок Ф600 и Ф400 для диапазона 80 м и Ф100, Ф50 для диапазона 10 м. Сечение стержня может быть любое, но наиболее удобны круглые или прямоугольные. Длина стержней 100—200 мм. Для снижения «антенного эффекта» антенну помещают в экран.

Конструкция типичной ферритовой антенны приемника «лисолова» показана на рис. 15. На ферритовый стержень *1* надет экран *2* из фольги с продольным разрезом, чтобы избежать короткозамкнутого витка вокруг катушки *4*. Катушка намотана на каркасе *3*, который плотно надевается на стержень. Стержень крепится в корпусе с помощью резиновых шайб *5*. Для предохранения от механических повреждений на концы антенны надевают предохранительные футляры *6* из изоляционного материала. Футляры крепят винтами к корпусу приемника.

Настройка и согласование штыревых и рамочных антенн. Перед снятием пеленгационных характеристик антенн производят их настройку. Настройка антенного контура без одновременной перестройки резонансной частоты заключается в подборе емкостей контура. Настройку контура антенны и определение полосы пропускания производят, используя ГСС, Q-метр или гетеродинный индикатор резонанса (ГИР), по методике, указанной в [31, 32].

Проверку диаграммы направленности рамочной антенны и согласование рамочной и штыревой антенн производят на открытой ровной площадке, где отсутствуют предметы, способные быть источниками вторичного излучения. Размеры площадки должны быть

не менее 100×100 м. Передатчик включают в соответствующем диапазоне со штыревой антенной, установленной строго вертикально. Наиболее удобный режим излучения — непрерывный.

Вначале снимают диаграмму направленности антенны с отключенной штыревой антенной при различных расстояниях от передатчика. При этой проверке важно оценить глубину минимумов «восьмерки», их симметрию относительно перпендикуляра к плоскости рамки при повороте антенны на 180° и симметрию лепестков. Какие-либо искажения диаграммы свидетельствуют о наличии «антенного эффекта» или проникновении сигнала в приемник побочными путями. Так, в случае внефазного «антенного эффекта»

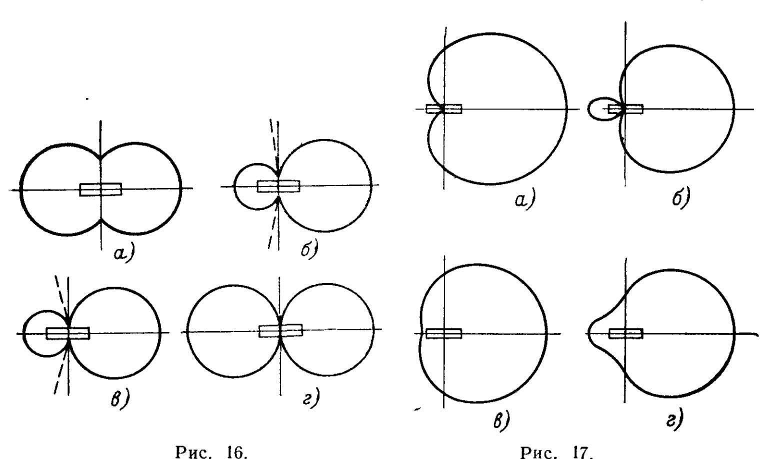


Рис. 16. Рис. 17.

Рис. 16. Диаграммы направленности рамочной антенны для внефазного (*а*), фазного (*в*), для общего случая «антенного эффекта» (*б*) и при полном его отсутствии (*г*).

Рис. 17. Диаграммы направленности при согласовании рамочной и штыревой антенн: $R_ш = R_{шо}$, $L_ш = L_{шо}$ (*а*), $L_ш = L_{шо}$, $R_ш > R_{шо}$ (*б*), $L_ш = L_{шо}$, $R_ш < R_{шо}$ (*в*), $R_ш = R_{шо}$, $L_ш \neq L_{шо}$ (*г*).

будет наблюдаться отсутствие четкого минимума (рис. 16,*а*), в случае фазного — излом оси минимумов (рис. 16,*в*). На этом же рисунке приведена диаграмма направленности для общего случая «антенного эффекта» (рис. 16,*б*) и при полном его отсутствии (рис. 16,*г*). Устраняют искажения симметрированием размеров и формы обеих половинок, строгим фиксированием положения провода относительно стенок экрана, обеспечением надежного электрического контакта экрана с корпусом в месте закрепления и качественной распайкой выводов антенны. Для того чтобы сигнал не попадал через провода телефонов, выход приемника включают через ВЧ фильтры.

Как правило, проверку диаграммы направленности делают на слух и без каких-либо приспособлений для отсчета угла. Очевидно, что такой метод не обеспечивает необходимой точности снятия пеленгационных характеристик антенны. Поэтому рекомендуется

сделать какое-либо устройство, в простейшем случае поворотный круг с делениями, закрепленный на легко переносимой подставке. На круге должно быть установлено приспособление для закрепления приемника на оси с фиксацией одной из плоскостей. На выход приемника желательно подключить регистрирующее устройство. При излучении передатчика в непрерывном режиме достаточно включить параллельно телефонам головку вольтметра.

Для согласования штыревой антенны с рамкой согласующие резисторы $R_ш$ заменяют переменными с сопротивлением 10—15 кОм для диапазона 80 м и 2,4—3 кОм для диапазона 10 м. В среднем положении движка $R_ш$ настраивают катушку индуктивности $L_ш$ по минимуму сигнала при положении антенны, соответствующем предполагаемому минимуму кардиоиды. Затем регулировкой $R_ш$ добиваются равенства амплитуд сигналов от штыревой и рамочной антенн и максимального обратного ослабления антенны.

На рис. 17 показаны диаграммы направленности при точном подборе значений $R_{ш0}$ и $L_{ш0}$ (*а*), при $L_ш=L_{ш0}$, $R_ш>R_{ш0}$ (рис. 17,*б*); при $L_ш=L_{ш0}$, $R_ш<R_{ш0}$ (*в*) и $R_ш=R_{ш0}$, $L_ш \neq L_{ш0}$ (рис. 17,*г*).

Ввиду того что фазовые соотношения векторов **E** и **H** различны вблизи передатчика (где преобладают поля индукции) и при удалении от него (в зоне полей излучения), невозможно подобрать значения $R_ш$ и $L_ш$, при которых будут строго соблюдаться условия согласования амплитуд и фаз сигналов от штыревой и рамочной антенн. Поэтому операцию по подбору $R_ш$ и $L_ш$ повторяют несколько раз на различных расстояниях от передатчика (практически достаточно трех точек: 1000 м, 100—150 м и 1—10 м), подбирая при этом значения $R_ш$ и $L_ш$, наиболее полно удовлетворяющие условию согласования во всех этих точках. Затем их заменяют постоянными и окончательно снимают диаграмму направленности. При снятии пеленгационных характеристик антенны юстируют прицел, который должен показывать точно на антенну при минимуме «восьмерки».

Антенны типа «волновой канал». Наибольшее распространение для диапазона 2 м получили антенны типа «волновой канал». Антенна состоит из активного вибратора, рефлектора и ряда директоров. Пеленгационные характеристики антенны определяются числом элементов, их размерами и взаимным расположением. При прочих равных условиях уменьшения ширины диаграммы направленности можно добиться увеличением числа пассивных вибраторов. Однако существует предел, после которого увеличение числа элементов нецелесообразно из-за значительного увеличения длины при небольшом уменьшении ширины диаграммы направленности. Для стационарных антенн типа «волновой канал» такой предел соответствует длине антенны (2—2,5)λ [21]. В переносных приемниках из-за жестких требований в отношении габаритов и массы длина антенны редко превышает 0,5λ. Большинство антенн приемников для «охоты на лис» имеет три или четыре элемента.

При конструировании антенн для диапазона 2 м все элементы крепят к центральной несущей штанге, устанавливаемой на приемнике. В приемниках, разработанных в последние годы, часть вибраторов (особенно активный элемент и отражатель) крепят непосредственно к приемнику, корпус которого выполняет роль несущей штанги. Штангу выполняют из дюралюминиевых, прессшпановых, бамбуковых и других трубок. Элементы антенны делают из трубок

диаметром 6—8 мм или из профилированной стальной ленты. Активный элемент, как правило, представляет собой разрезной вибратор; иногда используют и петлевые диполи. Распределение напряжения по пассивным вибраторам таково, что в центре каждого из них находится точка нулевого потенциала. Это обстоятельство позволяет непосредственно укреплять отражатель и директоры на металлической штанге, не нарушая электрической симметрии антенны.

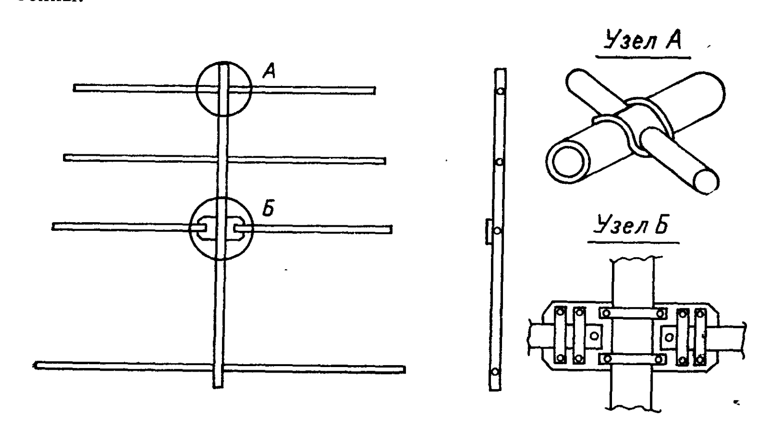


Рис. 18. Конструкция антенны типа «волновой канал».

Наиболее простой способ крепления элементов показан на рис. 18. Дюралюминиевые трубки диаметром 6—8 мм вставлены в поперечные отверстия в несущей штанге и зафиксированы резиновыми кольцами. Активный элемент закреплен с помощью скоб или винтов на изолированной площадке, которая прикреплена к штанге. Антенный вход соединен с приемником двумя короткими отрезками многожильного провода. При изготовлении антенны рекомендуется обратить особое внимание на этот узел и обеспечить надежность электрического контакта и механическую прочность.

Применение вибраторов из дюралюминиевых трубок ограничивает возможность быстрого продвижения в густых зарослях; такие антенны неудобны при перевозке и менее надежны в эксплуатации.

Более совершенна конструкция вибраторной антенны, которой оснащен один из описанных ниже приемников (рис. 19). Элементы антенны гибкие, изготовлены из стальной профилированной ленты шириной 16 мм. Активные вибраторы прикреплены непосредственно к боковым стенкам приемника через переходные фторопластовые втулки *1*. Втулка прикреплена винтами М2 к корпусу *8* приемника с помощью накидной шайбы *7* из дюралюминия. Деталь *2* плотно входит во втулку *1* и закрепляется гайкой *10*; для предотвращения поворотов ее фиксируют винтами *6*. С внешней стороны на плоскую часть этой детали привинчивают или прикрепляют ленту *3*. Для предохранения от излома при перегибах место крепления закругляют в соответствии с профилем ленты, на торце снимают фаску, а также дополнительно укладывают два отрезка ленты, один длиной 5—6 см, а другой 15—25 см. Отверстия под винты *5* и заклеп-

ки *4* накернивают и сверлят сразу во всем слое. Заклепки *4* устанавливают через шайбы, так, чтобы вибраторы могли свободно скользить один по другому при сгибании. Для удобства и обеспечения необходимой точности при сборке весь набор предварительно скрепляют в нескольких местах изоляционной лентой. Сверлят отверстия хорошо заточенным сверлом на малых оборотах станка или электродрелью с применением какой-либо смазки или воды. Входную катушку приемника подсоединяют к вибратору винтом *9*.

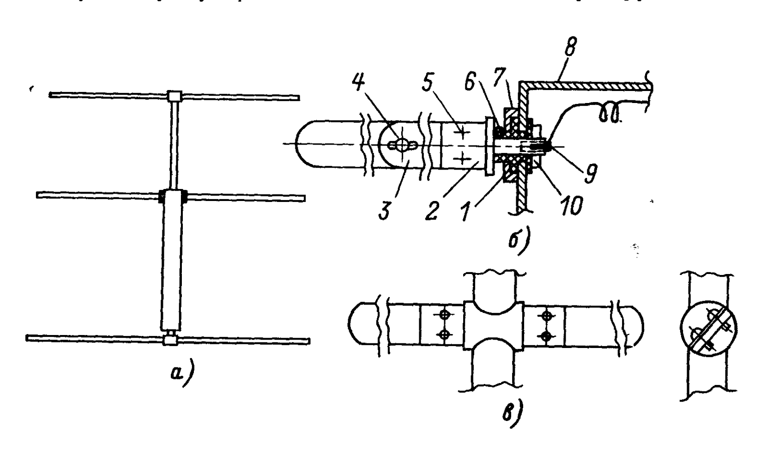


Рис. 19. Конструкция вибраторной антенны с гибкими элементами.

Директоры антенны укреплены на несущей штанге с помощью переходных деталей, устройство которых показано на рис. 19,*в*. В остальном устройство и крепление директоров аналогично активным элементам. Подобным образом изготовлен и отражатель, который крепят к задней части приемника. Для увеличения жесткости антенны и предохранения спортсмена от возможных травм при сгибании элементов в процессе поиска «лис» ленты устанавливают под углом 30—50° к продольной оси антенны.

Настройка антенны типа «волновой канал». Антенна может быть настроена как по максимальному коэффициенту направленного действия, так и по максимальному коэффициенту защитного действия [21]. В первом случае антенна имеет меньшую ширину диаграммы направленности, но и небольшой задний лепесток (см. рис. 8). Во втором случае в идеально настроенной антенне обратный лепесток отсутствует, однако диаграмма направленности шире. Опыт показывает, что предпочтительнее иметь антенну, настроенную по максимальному коэффициенту защитного действия.

Как указывалось выше, настройка вибраторной антенны связана с резонансными явлениями в ее элементах, поэтому порознь регулировать токи по фазе и амплитуде невозможно. Практически стремятся подобрать такие соотношения амплитуд и фаз токов для регулируемой системы, при которых обеспечиваются требуемые характеристики. Теоретически рассчитать размеры вибраторов и рас-

стояния между ними трудно. Поэтому настройку проводят экспериментально подбором длин элементов и расстояний между ними.

Длину активного вибратора рассчитывают с учетом его поперечных размеров, так как геометрическая и «электрическая» длины вибратора совпадают только для бесконечно тонкого проводника. Для реального проводника чем больше поперечные размеры, тем меньше резонансная длина. Зависимость коэффициента укорочения для полуволнового вибратора от отношения λ/d, где d — диаметр

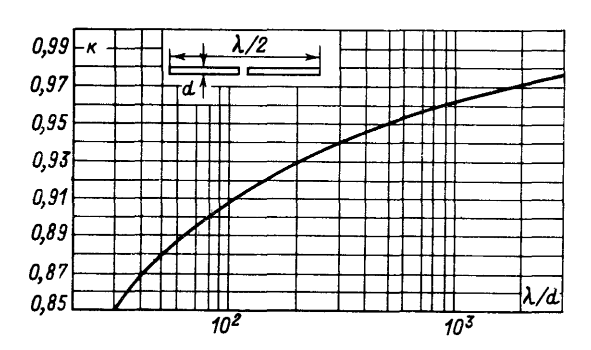


Рис. 20. Зависимость коэффициента укорочения полуволнового вибратора от отношения λ/d.

вибратора, приведена на графике (рис. 20). При расчете ленточных вибраторов можно использовать этот же график, подставляя вместо d половину ширины ленты [21]. Длину рефлектора обычно выбирают на 5% длиннее активного элемента, длину первого директора короче на 5%, второго директора — короче на 6% [24].

Настройку начинают с пары активный вибратор — первый директор. Вначале строят зависимость отношения напряжений на выходе приемника $U_0/U_{180°}$ от расстояния x между активным элементом и вибратором, определяя таким образом значение x_1, которому соответствует максимальное отношение $U_0/U_{180°}$. При этом надо следить, чтобы значения регистрируемых напряжений не выходили за пределы динамического диапазона приемника.

После определения x_1 директор устанавливают на этом расстоянии и фиксируют. Затем аналогичным образом добиваются максимального отношения сигналов с прямого и обратного направлений, варьируя длину директора в обе стороны от первоначально выбранной. Отрегулировав таким образом пару активный элемент — первый директор, устанавливают второй директор и повторяют описанные операции, изменяя его место расположения и длину. Закончив подбор, снова повторяют операцию по настройке первого директора.

В последнюю очередь настраивают всю систему с рефлектором по такой же методике. Возможен и обратный порядок, однако из-за более выраженного влияния отражателя на диаграмму направленности, подбор пассивных элементов в этом случае будет затруднен.

Различные конструкции антенн, методы их расчета и настройки, ознакомление с которыми может быть полезно для радиолюби-

телей — конструкторов аппаратуры для «охоты на лис», изложены в литературе [33—37].

Размеры нескольких типичных антенн приемников для «охоты на лис» даны в табл. 1.

Таблица 1

Материал вибраторов	Размеры, мм						
	$2l_р$	$2l_а$	$2l_{д1}$	$2l_{д2}$	x_1	x_2	x_3
Дюралюминиевая трубка диаметром 8 мм	1035	970	940	920	400	210	210
Стальная лента шириной 16 мм	1040	970	940	920	320	210	210
	1040	978	920	900	410	210	210
	1050	990	930		390	250	—
	1048	980	925		430	170	—

ГЛАВА ВТОРАЯ

ПРИЕМНАЯ АППАРАТУРА

5. Основные параметры и требования к приемной аппаратуре

Вид принимаемого сигнала. Тип модуляции принимаемого сигнала определяет род работы приемника и способ детектирования. В «охоте на лис» род работы передатчиков определяется положением о соревнованиях, в соответствии с которым в диапазоне 80 м передатчики работают в режиме A_1 (телеграфирование без модуляции несущей звуковой частотой), а в диапазоне 2 и 10 м — в режиме A_2 (телеграфирование с использованием модулированной несущей, причем несущая может быть манипулирована). Режим A_2 с манипуляцией несущей используется наиболее часто при конструировании малогабаритных передатчиков для «охоты на лис», так как позволяет уменьшить потребление энергии почти в 2 раза за счет отключения передатчика в паузах между посылками. Скорость телеграфирования составляет 30—40 знаков в минуту. Как правило, телеграфный код соответствует следующим сигналам: «лиса» 1 — *мое*, «лиса» 2 — *мои*, «лиса» 3 — *мос*, «лиса» 4 — *мох*, «лиса» 5 — *мо5* и приводная «лиса» — *мо и длинное тире.*

Следует отметить, что в передатчиках для отработки ближнего поиска или при использовании промышленных радиостанций допускается применение телефонных сигналов с амплитудной модуляцией, упрощенных телеграфных сигналов или непрерывное излучение модулированной или немодулированной несущей.

Диапазон рабочих частот. В соответствии с положением о соревновании для работы радиопередатчиков «лис» используются частоты 144—146 МГц (2 м); 28,0—29,7 МГц (10 м) и 3,5—3,65 МГц (80 м). Однако диапазон частот приемной аппаратуры должен быть несколько расширен, что объясняется тем, что полосы частот, используемые для «охоты на лис» за рубежом, несколько шире, чем

в нашей стране. Запас по перекрытию также может оказаться полезным и при уходе частоты гетеродина в случае значительного снижения напряжения питания.

В связи с этим диапазон перекрываемых частот в приемниках для «охоты на лис» должен быть следующим: в диапазоне 2 м 143—147 МГц, в диапазоне 10 м 27,7—30,0 МГц, в диапазоне 80 м 3,45—3,75 МГц.

Как правило, «лисы» работают на разных частотах в пределах диапазона. Поэтому шкала приемника должна быть градуирована. Наиболее оптимальная цена деления шкалы равна 10 кГц для диапазона 80 м (оцифровка через каждые 50 кГц) и 100 кГц для диапазона 2 и 10 м (оцифровка через каждые 500 кГц).

Чувствительность — один из наиболее важных параметров приемника, характеризующий способность улавливать слабые радиосигналы и воспроизводить их с достаточной громкостью. Возможность приема слабых сигналов ограничивается влиянием внешних и внутренних шумов. К внешним шумам относятся помехи, поступающие на вход приемника по каналам основного сигнала. Внешние помехи создаются работой радиостанций, несущие частоты которых близки по своим значениям к несущей частоте принимаемого сигнала, действием различных электрических и электромеханических машин (индустриальные помехи), грозовыми разрядами (атмосферные помехи), космическим излучением и т. п.

Внутренние шумы приемника возникают в самом приемнике вследствие беспорядочного теплового движения в проводниках, неравномерного прохождения носителей зарядов через *p-n* переход полупроводниковых приборов и т. п. При этом наибольшее влияние оказывают шумы входных каскадов (УВЧ, смеситель), так как они усиливаются всеми последующими каскадами и на выходе приемника могут достигать сравнительно высокого уровня.

В зависимости от типа и назначения приемника принято два определения чувствительности. Для приемников с невысокой чувствительностью, у которых уровень внутренних шумов значительно ниже уровня сигнала, под чувствительностью понимают наименьшее значение э. д. с. сигнала на входе приемника, которое необходимо для получения стандартного напряжения (или мощности сигнала) на выходе. Выходное напряжение при приеме радиосигналов с амплитудной модуляцией зависит от частоты модуляции F и коэффициента модуляции m. Поэтому условились определять чувствительность приемника при стандартной частоте модуляции $m_{ст}=1000$ Гц и стандартной глубине модуляции $m_{ст}=0,3$ [25].

Для приемников, у которых уровень принимаемого сигнала близок к уровню собственных шумов, определяют реальную чувствительность. Количественно реальная чувствительность определяется минимальным напряжением входного сигнала, при котором выполняются следующие условия:

1. Напряжение (или мощность) сигнала (совместно с помехами) на выходе приемника равно стандартному.
2. Отношение сигнал/шум не меньше заданного.

У приемников для «охоты на лис» всегда определяют реальную чувствительность, которая характеризует способность приемника выделять слабые сигналы на фоне помех.

В радиовещании стандартная мощность на выходе приемника, при которой проводятся измерения чувствительности, составляет 50 мВт для приемников с выходной мощностью $P_{вых}>150$ мВт и

5 мВт для приемников с $P_{вых} \leqslant 150$ мВт. Очевидно, что для приемников-пеленгаторов, работающих на головные телефоны, мощность 5 мВт завышена, поэтому при оценке чувствительности приемников для «охоты на лис» рекомендуется стандартная выходная мощность 0,1 мВт [26].

Допустимое отношение сигнал/шум во многом зависит от характера принимаемых сигналов. Так, в радиовещании с амплитудной модуляцией это отношение равно 50—1000, при приеме на слух в радиотелеграфии 0,5—4.

При определении чувствительности сигнал на входе приемника может быть выражен напряжением на входе первого каскада УВЧ (e) в микровольтах (мкВ) или напряженностью поля в месте приема (E) в микровольтах на метр (мкВ/м). Очевидно, что вторая характеристика чувствительности приемников-пеленгаторов предпочтительнее, так как она учитывает конструкцию и качество исполнения антенного устройства. Практически наиболее часто приводят чувствительность по входу. Величины e и E связаны соотношением

$$e\,[\text{мкВ}] = E\,[\text{мкВ/м}]\,h'_{д}\,[\text{м}], \qquad (17)$$

где $h'_{д}$ — приведенная ко входу действующая высота антенны:

$$h'_{д} = h_{д} Q m; \qquad (18)$$

здесь $h_{д}$ — действующая высота антенны; Q — добротность антенного контура; m — коэффициент включения (0,1—0,2 для обычных транзисторов и 1,0 — для полевых).

В соответствии с изложенным сформулируем требования к чувствительности приемников-пеленгаторов для «охоты на лис»: чувствительность приемника при мощности сигнала на телефонах 0,1 мВт, частоте модуляции 1000 Гц, глубине модуляции 0,3 и отношении сигнал/шум не менее 3 должна быть для диапазона 2 м не ниже 3—5 мкВ/м, для диапазона 10 м — не ниже 5—10 мкВ/м и для диапазона 80 м — не ниже 10—15 мкВ/м.

Избирательность — способность приемника выделять сигналы принимаемой радиостанции из всей суммы сигналов, наводимых в антенне. Количественно избирательность определяют числом, показывающим, во сколько раз (дБ) падает чувствительность приемника для сигналов с частотой, отличающейся от частоты настройки приемника на определенную величину. Различают избирательность по соседнему каналу, по зеркальному каналу и промежуточной частоте.

Избирательность по соседнему каналу определяется ослаблением сигналов на частоте, отстоящей на ±10 кГц от основной, на которую настроен приемник. Избирательность по зеркальному каналу определяется ослаблением сигналов на частоте, отстоящей от основной на две промежуточные ($2f_{п}$). Избирательность по промежуточной частоте определяется ослаблением сигналов, поступающих на вход приемника с частотой $f_{пр}$.

Степень подавления сигнала по соседнему каналу определяется полосой пропускания тракта ПЧ. Чем у́же полоса пропускания и форма частотной характеристики ближе к прямоугольной, тем выше избирательность. Увеличение избирательности эквивалентно повышению реальной чувствительности приемника за счет ослабления помех при сохранении амплитуды сигнала. С другой стороны, при узкой полосе пропускания значительно усложняется настройка на частоту сигнала «лисы», что снижает оперативность поиска. Оче-

видно, что компромиссным решением является выбор такой ширины пропускания тракта ПЧ, при которой в равной мере удовлетворены требования к избирательности и оперативности при настройке.

Иногда приемники-пеленгаторы конструируют с переключаемыми полосами. Узкую полосу используют для выделения слабых сигналов на фоне значительных шумов, широкую — во всех других случаях. Современные приемники для «охоты на лис» должны иметь следующие полосы пропускания: 0,5—1,0 и 3—10 кГц в диапазоне 80 м; 3—10 и 50—100 кГц, в диапазоне 10 м; 6—15 и 100—200 кгЦ в диапазоне 2 м. Желательно иметь также третью полосу, ширина которой такова, что позволяет прослушивать сигналы на любой частоте диапазона без подстройки. Специально подчеркнем, что приемники должны иметь ступенчатое автономное переключение полосы. При отсутствии помех на частоте сигнала «лисы» и при достаточном его уровне используют только широкую полосу. При наличии сильных помех (в том числе и при ближнем поиске), когда нужно выделить сигнал «лисы», используют узкую полосу.

Степень подавления помех по зеркальному каналу определяется резонансными характеристиками контуров антенны и усилителей ВЧ и значением промежуточной частоты. Чем выше избирательность входных каскадов и промежуточная частота, тем больше ослабление помех по зеркальному каналу. В то же время увеличение избирательности ВЧ тракта ведет к увеличению неравномерности чувствительности приемника по диапазону. Одновременное удовлетворение этих противоречивых требований — задача довольно сложная, поэтому в большинстве случаев выбирают компромиссные решения.

В двух описанных ниже приемниках для «охоты на лис» применена перестройка резонансной частоты контуров антенн и каскадов УВЧ одновременно с частотой гетеродина, что позволило повысить избирательность приемников при сохранении необходимой равномерности амплитудно-частотных характеристик.

Динамический диапазон и регулировка усиления. Динамический диапазон приемника представляет собой отношение максимального уровня сигнала $U_{\text{макс}}$, при котором нелинейные искажения возрастают до допустимого значения, к минимальному $U_{\text{мин}}$, при котором отношение сигнал/шум снижается до допустимого предела.

Работа пеленгатора основана на сравнении уровней сигналов, принятых с разных направлений. Чем лучше пеленгационные характеристики антенн, тем выше точность пеленгации и шире диапазон изменения этих уровней. Очевидно, что искажение сигнала в усилительных и преобразовательных трактах приемника ведет к снижению точности пеленгации и соответствующему затруднению процесса поиска «лисы».

Динамический диапазон должен по возможности соответствовать действительному диапазону изменений уровня принимаемых сигналов.

В «охоте на лис» этот диапазон достигает 80—100 дБ (10^4—10^5 раз), который трудно обеспечить в транзисторных приемниках. Практически такой динамический диапазон не требуется; достаточно обеспечить неискаженный прием сигнала от передатчика при изменении расстояния на 300—400 м (вблизи передатчика). Исходя из этих соображений достаточно обеспечить динамический диапазон приемников для «охоты на лис» около 40 дБ.

Приемник снабжают регулятором, который должен обеспечить изменение усиления в пределах 80—100 дБ. Зачастую регулировка усиления осуществляется отдельно по каскадам высокой и промежуточной частоты. Современные приемники имеют регулировку усиления, охватывающую тракты ВЧ и ПЧ, что, с одной стороны, повышает оперативность проведения операций, с другой — обеспечивает более точное определение расстояния до «лисы». Желательно, чтобы регулировка усиления осуществлялась от отдельного источника изменением базового или эмиттерного смещений; при этом упрощается расчет и налаживание приемника, снижается число деталей, повышается температурная стабильность.

Особо следует остановиться на использовании в приемниках для «охоты на лис» автоматической регулировки усиления. В некоторых работах предлагается введение «медленной» АРУ (МАРУ) для поддержания уровня выходного напряжения в определенных пределах [26, 38]. Постоянная времени МАРУ выбирается такой, чтобы регулирование происходило со значительным запаздыванием по времени относительно изменения сигнала.

Работа «быстрой» АРУ (БАРУ) основана на введении положительной обратной связи в первом каскаде усилителя НЧ. Снижение уровня сигнала при повороте антенны в сторону минимума ведет к снижению коэффициента усиления каскада, увеличение уровня сигнала при повороте антенны в сторону максимума — к увеличению коэффициента усиления. Очевидно, что введение БАРУ эквивалентно «обострению» диаграммы направленности антенны и должно широко использоваться в приемной аппаратуре для «охоты на лис». В противоположность этому введение МАРУ, по мнению авторов, нецелесообразно по следующим основным соображениям: 1) уровень принимаемого сигнала и его изменение в процессе приближения к излучателю (практически положение ручки усиления и его изменение с расстоянием) является основным (и достаточно точным) методом определения расстояния до «лисы»; 2) практически процесс пеленгования не всегда заключается в резких поворотах пеленгатора вокруг оси антенны; при более медленных поворотах эффект «притупления» диаграммы и «плавания» уровня сигнала в одном и том же положении приемника неизбежен. Выбор большой постоянной времени до 20—30 с [26] не решает проблемы. Вблизи «лисы» за 30 с спортсмен пробегает около 200 м. Возрастание напряженности поля на этом участке таково, что без ослабления возможно возрастание сигнала до значения, при котором наступает его ограничение. С другой стороны, большую часть времени при перемещении спортсмен держит приемник не в положении, в котором осуществляется пеленгование, а в положении, удобном для достижения максимальной скорости бега. При этом на вход антенны поступает сигнал, ослабленный относительно уровня пеленгования, что при включении МАРУ приведет к установлению коэффициента усиления, более высокого, чем необходимо при пеленговании. И, наконец, ввиду того, что передатчик работает в течение только одной минуты из пяти в каждом цикле, система МАРУ в период молчания установит максимальный коэффициент усиления, так что с началом цикла передачи в первые 20 с процесс пеленгования будет практически невозможен.

Излучение. Собственное излучение приемника в рабочем диапазоне не должно прослушиваться другими приемниками на расстоянии до 10 м (при проверке приемников антенны должны быть

направлены друг к другу сторонами, соответствующими максимуму диаграммы направленности). Наиболее остро эта проблема стояла в период, когда широко использовались регенераторы и сверхрегенераторы. В настоящее время большинство приемников строится по супергетеродинной схеме, в которой основной причиной излучения в рабочем диапазоне является неправильный выбор промежуточной частоты (см. стр. 36).

Точность определения направления на передатчик — один из основных показателей приемника-пеленгатора. Инструментальные ошибки пеленгатора зависят прежде всего от типа, конструкции и качества изготовления и настройки антенного устройства. Однако точность определения направления на передатчик и считывание азимута во многом зависят от схемных и конструктивных решений приемника (в частности, к повышению точности пеленгатора приводят различного рода искусственные обострители диаграмм направленности). Снижения инструментальных ошибок пеленгатора достигают также применением магнитных компасов с высокой точностью отсчета азимута, правильным выбором места их закрепления и точной юстировкой.

Некоторые вопросы, непосредственно связанные с процессом пеленгования в «охоте на лис» методами, которые обеспечивают снижение ошибок, обусловленных искажением фронта волны электромагнитного излучения в различных условиях распространения, рассмотрены в литературе [6—8,14].

Конструктивные и эксплуатационные требования. Приемники для «охоты на лис» предназначены для работы в полевых условиях и должны сохранять все основные показатели при изменении температуры и влажности, вибрации и ударах. Важнейшим показателем приемника, зависящим от конструкции, схемных решений, качества деталей и монтажа, является надежность. Под надежностью понимают свойство радиоприемника сохранять свои параметры в заданных пределах и при заданных условиях эксплуатации.

Габариты приемника влияют на скорость и удобство передвижения, в особенности при поиске «лисы» в густых зарослях. Габариты приемников определяются в основном габаритами антенного устройства. Масса приемника не должна превышать 1,0—1,5 кг.

Особое внимание в конструкции приемника должно быть уделено рациональному расположению отдельных блоков и органов управления, чтобы можно было перестраивать частоту, изменять усиление и проводить все необходимые переключения не снижая темпа бега. Для этого ручки настройки должны быть расположены так, чтобы можно было ими управлять той же рукой, в которой находится приемник. Необходимо предусмотреть меры, исключающие возможность случайного изменения положения ручек настройки и переключателей.

Количество органов управления приемником должно быть сведено к минимуму. Обязательным является наличие градуированной шкалы частот, оказывающейся наиболее полезной в условиях приема слабых сигналов на фоне больших помех при работе передатчиков на разных частотах. Часто приемники оборудуют верньерными устройствами, обеспечивающими достаточную плавность настройки частоты. Наиболее оптимальным передаточным отношением верньерного устройства является отношение 1 : 3—1 : 5. Большую помощь в работе оказывает и точная градуировка ручки усиления. С помощью этого органа при определенном навыке можно определить

расстояние до «лисы» с необходимой точностью, что позволяет выбрать скорость спортсмена, обеспечивающую выход в район «ближнего поиска» (300—400 м) к началу очередного цикла передачи.

Высокие требования предъявляются к приемнику и в отношении влагозащищенности, так как тренировки и соревнования не отменяются во время дождя. Все более широкое распространение получает зимняя «охота». Эти обстоятельства приводят к необходимости сохранения работоспособности приемника при изменении температуры в пределах от —30 до +40°.

Не менее важным параметром приемника является механическая прочность антенного устройства, корпуса и его отдельных элементов. Введение новых элементов, а также материалов, обеспечивающих снижение массы, оправдано только в том случае, если оно не ведет к снижению надежности работы устройства. По этой же причине стремление к чрезмерной миниатюризации приемников для «охоты на лис» приводит к снижению прочности, надежности и удобства управления.

Все большее внимание в разрабатываемых конструкциях уделяется дополнительным устройствам, которые призваны повысить точность пеленгации, облегчить поиск в разных условиях и сократить время проведения отдельных операций. К числу таких приспособлений относится радиополукомпас, тон-генератор, обострители диаграммы направленности, ограничители сигнала, S-метры с различными индикаторами. Большое внимание уделяется разработке методов и устройств для определения расстояния до передатчика.

При выборе источника питания следует учитывать габариты, срок службы, возможность их приобретения. Запаса питания должно хватать не менее чем на 3—4 ч непрерывной работы приемника. Для питания приемников наиболее часто используют аккумуляторные батареи из элементов Д-0,06; Д-0,1; Д-0,25 и сухие элементы и батареи типа 316, «Крона-ВЦ», 3336Л. С точки зрения практического использования приемника источники питания удобнее разместить в изолированном отсеке с отдельной крышкой.

6. Функциональные схемы приемников

«Охота на лис» является массовым видом спорта, привлекающим в основном молодежь, не имеющую достаточных навыков в области конструирования радиоаппаратуры. В то же время условия пеленгации и поиск «лис» значительно усложнились. Увеличилось число соревнований, которые проводятся теперь для разных групп участников. Уровень соревнований высших групп (таких как республиканские, всесоюзные, международные) определяет чрезвычайно жесткие требования к параметрам приемной аппаратуры и мастерству участников. Эти обстоятельства определили тенденцию к развитию двух направлений в конструировании приемной аппаратуры. Первое заключается в разработке упрощенных схем с минимальным числом элементов и предельной простотой сборки и настройки. Такие приемники предназначены для начинающих спортсменов и могут с успехом использоваться в тренировках и соревнованиях низших групп.

Вторая тенденция заключается в разработке схем и конструкций приемников повышенной чувствительности, избирательности и точности в сочетании с высокой надежностью работы в любых климатических условиях.

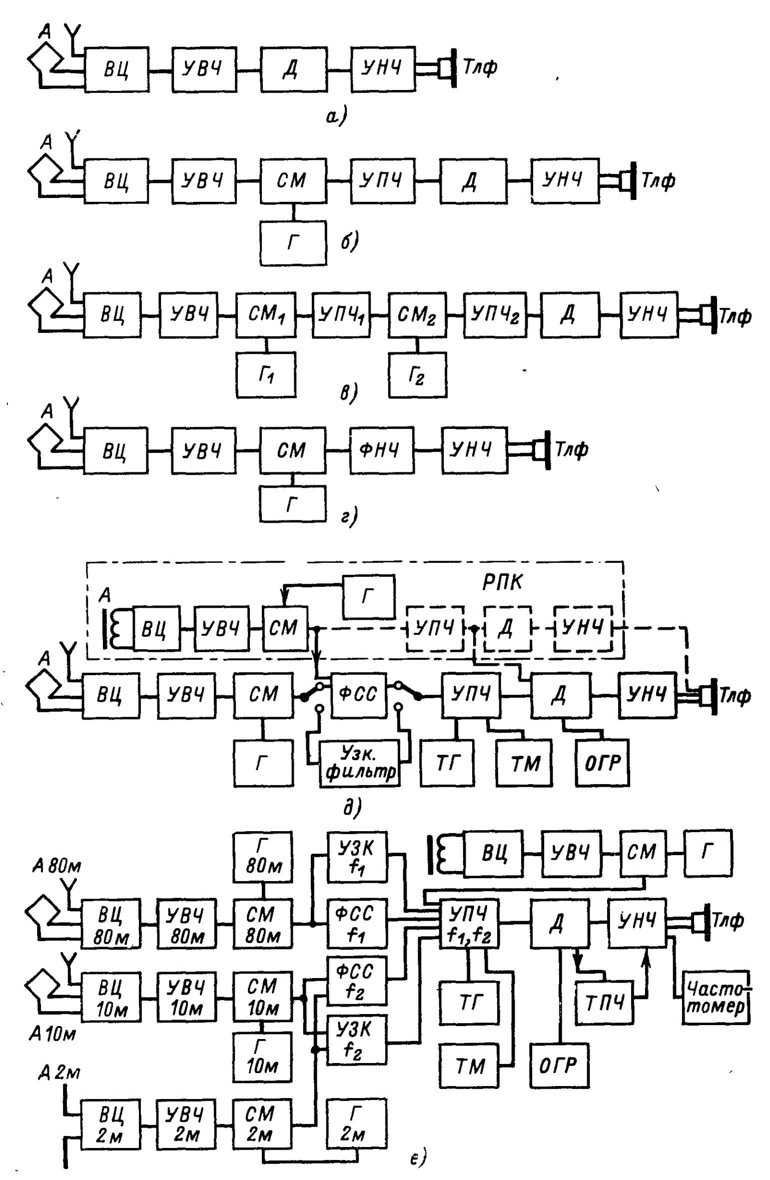


Рис. 21. Функциональные схемы приемников.

а — прямого усиления; *б* — супергетеродинного с одним преобразованием частоты; *в* — супергетеродинного с двойным преобразованием частоты; *г* — прямого преобразования; *д* — приемника-пеленгатора диапазона 80 м; *е* — трехдиапазонного приемника-пеленгатора.

Изготовление приемника начинают с выбора функциональной схемы, исходя при этом из конкретного назначения приемника, требуемых параметров и реальных возможностей в изготовлении и наладке. Функциональная схема простейшего приемника (приемника прямого усиления) представлена на рис. 21,*а*. Во входной цепи (ВЦ) происходит передача напряжения принимаемого сигнала, наведенного в антенне, на вход усилителя ВЧ. Одновременно входная цепь служит для обеспечения избирательности приемника. Детектор преобразует радиосигналы в звуковые, форма которых при амплитудной модуляции соответствует огибающей радиосигналов. Выделенные детектором звуковые сигналы усиливаются усилителем низкой частоты (УНЧ).

Основными преимуществами приемников прямого усиления являются простота в налаживании, отсутствие дополнительных каналов приема. Поэтому они могут быть рекомендованы начинающим спортсменам. Применение высокодобротных контуров антенн может значительно повысить избирательность приемника, а чувствительность его может быть повышена использованием регенеративной и сверхрегенеративной схем.

Необходимость одновременной перестройки каскадов антенн и УВЧ усложняет конструкцию приемника. По этой причине чувствительность и избирательность приемников прямого усиления не высоки. От этого недостатка свободны супергетеродинные приемники (рис. 21,*б*). Сигналы с несущей частотой $f_н$, выделенные и усиленные в цепях ВЦ и УВЧ, подаются в смеситель (См). Одновременно на смеситель подаются сигналы маломощного генератора (гетеродина Г) с частотой $f_г$. В результате в смесителе образуются колебания, состоящие из различных комбинаций частот $f_н$ и $f_г$. С помощью резонансного фильтра, который является нагрузкой смесителя, из этих колебаний выделяется сигнал с разностной (промежуточной) частотой $f_п$, равный $f_г—f_н$ или $f_н—f_г$. Сигналы с частотой $f_п$ усиливаются усилителем промежуточной частоты (УПЧ), поступают на детектор и далее преобразуются, как и в приемнике прямого усиления. При перестройке приемника на различные частоты $f_н$ перестраивается частота гетеродина, а на выходе смесителя выделяется одна и та же частота $f_п$. В результате отпадает необходимость перестройки резонансных контуров каскадов УПЧ. В УПЧ может быть использовано большее число каскадов и применены специальные узкополосные фильтры, позволяющие значительно повысить чувствительность и избирательность приемника.

Супергетеродинные приемники могут быть выполнены и с двойным преобразованием частоты (рис. 21,*в*). Преимуществами такого решения являются высокая избирательность по зеркальному каналу благодаря высокой первой промежуточной частоте $f_{п1}$; высокая избирательность по соседнему каналу благодаря низкой второй промежуточной частоте $f_{п2}$; возможность получения большого усиления по четырем трактам: УВЧ, $УПЧ_1$, $УПЧ_2$, УНЧ. К недостаткам двойного преобразования частоты относится наличие дополнительных побочных каналов приема на комбинационных частотах, а также на втором зеркальном канале, усложнение схемы и конструкции приемника. Схемы с двойным преобразованием частоты могут быть использованы при создании 3-диапазонных приемников для «охоты на лис» со сменными ВЧ головками; при этом для диапазона 80 м осуществляют одно преобразование частоты, а для диапазонов 2 и 10 м — двойное преобразование ($УПЧ_2$, детектор и УНЧ являются

общими для всех диапазонов). Двойное преобразование частоты применено в одной из описанных ниже конструкций 3-диапазонного приемника для изменения полосы пропускания ПЧ в диапазонах 2 и 10 м. При включении широкой полосы осуществляется однократное преобразование сигнала на высокой частоте усилителя ПЧ, имеющего две резонансные частоты (0,5 и 4,5 МГц). При включении узкой полосы осуществляется второе преобразование, а усиление сигнала осуществляется на частоте 500 кГц. В первом случае полоса пропускания составляет 75 кГц, во втором 15 кГц.

Широкое распространение получили схемы приемников, в которых избирательность по соседнему каналу осуществляется в основном в каскаде преобразователя частоты, на выходе которого включают фильтры сосредоточенной селекции (ФСС), а основное усиление осуществляется в УПЧ, обладающем слабо выраженными избирательными свойствами. Избирательность по зеркальному каналу осуществляется в основном контурами антенны и УВЧ (в особенности при одновременной перестройке их резонансной частоты с изменением частоты гетеродина).

Приемники-пеленгаторы могут быть собраны и по схеме прямого преобразования (рис. 21,*г*), которая отличается от супергетеродинного отсутствием тракта промежуточной частоты. В этом случае после усиления в УВЧ сигнал с частотой $f_н$ поступает в смеситель. В смесителе происходит преобразование радиосигналов непосредственно в звуковые, которые усиливаются усилителем НЧ и поступают на телефоны. Для снижения излучения гетеродина смеситель выполняют по балансной схеме. Ослабления помех за пределами требуемой частоты модуляции добиваются включением фильтра нижних частот (ФНЧ).

Современные приемники для «охоты на лис» оборудуют дополнительными устройствами, которые повышают точность пеленгования, помогают выдерживать точное направление на передатчик при передвижении и в период между сеансами работы «лисы», повышают удобства и скорость проведения различных операций по поиску. На рис. 21,*д* приведена наиболее полная функциональная схема приемника для диапазона 80 м. Прием слабых сигналов осуществляется с включенным телеграфным гетеродином (ТГ), настроенным на частоту, близкую к $f_п$, и узкополосным фильтром. В остальных случаях используются широкая полоса и тональный модулятор (ТМ), модулирующий промежуточную частоту сигналом звуковой частоты. В схеме предусмотрен «обостритель» диаграммы направленности, который в простейшем случае может быть выполнен на диоде, работающем в режиме линейного и нелинейного детектирования. Радиополукомпас (РПК) может быть собран по схеме прямого усиления или супергетеродинной схеме. В последнем случае РПК может быть автономным или иметь общие каскады с приемником.

Для того чтобы участвовать в соревнованиях по полной программе, каждый спортсмен должен иметь три отдельных приемника для диапазонов 2, 10 и 80 м, выполненные по схеме рис. 21,*д*. Большое распространение получила схема трехдиапазонного приемника со сменными головками (рис. 21,*е*). При таком решении возможны различные варианты: сменные головки состоят только из антенн или из антенн, контуров ВЧ, гетеродинов и смесителей. Остальная часть премника находится в общем универсальном блоке. Возможны и другие комбинации. К достоинствам такого решения относится значительная экономия деталей и времени изготовления, снижение

объема механических работ. Наличие одних и тех же органов управления позволяет повысить оперативность при работе с приемником и значительно повысить точность определения расстояния до передатчика по изменению уровня сигнала.

Выбор промежуточной частоты. В процессе преобразования частот сигнала $f_н$ и гетеродина $f_г$ в смесителе супергетеродинного приемника происходит выделение промежуточной частоты $f_п$. Указанные частоты связаны соотношением

$$f_г = f_н \pm f_п.$$

При выборе частоты $f_п$ руководствуются следующими основными соображениями.

1. Промежуточная частота должна быть такой, чтобы частота гетеродина не попадала в рабочий диапазон приемника. Из этих соображений с учетом требований к перекрытию диапазона приемников для «охоты на лис» $f_п$ должна быть больше 3000, 2000 и 250 кГц для диапазонов 2, 10 и 80 м соответственно.

2. Повышение промежуточной частоты приводит к повышению избирательности по зеркальному каналу и снижению избирательности по соседнему каналу, расширению полосы пропускания, снижению коэффициента усиления и улучшению условий разделения трактов промежуточной и низкой частоты.

Снижение промежуточной частоты приводит к повышению избирательности по соседнему каналу и снижению избирательности по зеркальному, сужению полосы пропускания, увеличению коэффициента усиления на каскад.

3. Промежуточная частота не должна совпадать с частотой какого-либо мощного передатчика.

4. Для получения хорошей фильтрации промежуточной и низкой частот на выходе детектора должно быть выполнено условие

$$f_п \geqslant 10F_в,$$

где $F_в$ — верхняя частота модуляции.

Наиболее просто выполняется четвертое условие, так как частота $F_в$ в передатчиках для «охоты на лис» находится в диапазоне 400—1000 Гц, а минимальная $f_п$ определяется первым условием.

Практически часто используют следующие значения $f_п$: 465 или 500 кГц для диапазона 80 м; 2200 кГц для диапазона 10 м, 4500 кГц для диапазона 2 м. Часто выбор $f_п$ определяется исходя из конкретных условий. Так, в случае применения высокодобротных контуров антенн и УВЧ с перестройкой резонансных частот по диапазону может быть выбран нижний предел $f_п$, определяемый пунктом *1*. Трехдиапазонные приемники со сменными головками и универсальным общим блоком обычно выполняют с УПЧ, нагрузкой каскадов которого служат последовательно включенные контура, настроенные на разные промежуточные частоты. При этом дополнительным условием является соотношение частот, при котором ослабление сигналов за счет потерь в нерабочем контуре должно быть незначительным. Следует не забывать и о том, чтобы частота гетеродина диапазона 80 м и ее гармоники не совпали с полосой тракта высшей промежуточной частоты. Эти условия удовлетворяются, например, когда $f_{п1}$=6,5 МГц (для диапазонов 2 и 10 м), $f_{п2}$=465 кГц (для диапазона 80 м) и частота гетеродина диапазона 80 м выше частоты сигнала. В радиолюбительской практике возможны случаи, когда выбор ПЧ определяется имеющимися в нали-

чии деталями (в особенности кварцами и ЭМФ). При этом достаточно удовлетворить требованию п. 1.

Избирательные элементы тракта ПЧ. Полосой пропускания тракта ПЧ приемника для «охоты на лис» называют диапазон частот, в пределах которого ослабление сигнала не превышает 0,707 от максимального. Очевидно, что идеальной характеристикой тракта ПЧ является П-образная. Форму частотной характеристики, близкую к П-образной, обеспечивают фильтры сосредоточенной селекции (ФСС), представляющие собой систему связанных контуров. В зависимости от заданной избирательности число контуров может быть от 3 до 13.

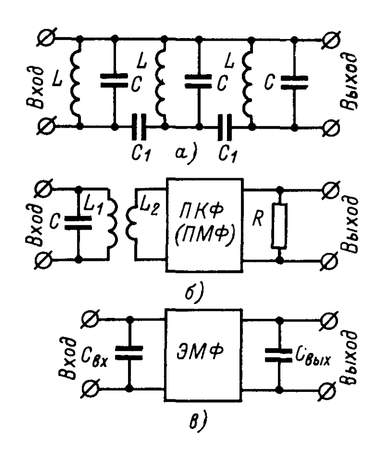


Рис. 22. Схемы включения ФСС (*а*), ПКФ и ПМФ (*б*) и ЭМФ (*в*).

Тракты ПЧ могут быть выполнены в двух вариантах. В первом случае обеспечивается равномерное распределение усиления и избирательности в трактах ПЧ, во втором функции избирательности и усиления разделены. Тракты ПЧ приемников для «охоты на лис» строят по второму варианту. Избирательность обеспечивают 3—4-контурные ФСС, которые служат нагрузкой смесителя, а основное усиление получают в УПЧ с апериодическими или резонансными одноконтурными каскадами с широкой полосой пропускания. Схема включения ФСС приведена на рис. 22,*а*.

Все более широкое распространение получают пьезокерамические (ПКФ), пьезомеханические (ПМФ) и электромеханические (ЭМФ) фильтры. Схемы включения пьезокерамических и пьезомеханических фильтров приведены на рис. 22,*б*. Для их согласования с выходом смесителя включают широкополосный контур, настроенный на частоту $f_{п}$. Малая зависимость ПКФ и ПМФ от изменения сопротивления нагрузки позволяет подключить их к входу УПЧ без согласующего контура. Электромеханические фильтры обладают согласующими свойствами, поэтому их включение может осуществляться без согласующих элементов (рис. 22,*в*). Настройку входа и выхода ЭМФ в резонанс производят конденсаторами $C_{вх}$ и $C_{вых}$, емкости которых указываются в паспорте фильтра.

Наиболее часто для сужения полосы пропускания на всех диапазонах применяют фильтры, построенные на основе кварцевых резонаторов [40]. Один из вариантов фильтра ПЧ, собранный на двух кварцевых резонаторах, приведен на рис. 23,*а*. При этом резонансные частоты кварцев должны отстоять друг от друга на (0,5—0,6)$\Delta f_{п}$. Здесь $\Delta f_{п}$ — заданная полоса пропускания. Подключение конденсатора $C_{н}$ емкостью 2—8 пФ к резонатору с высшей частотой ведет к увеличению крутизны спадов, при подключении к резонатору с низшей частотой — к уменьшению крутизны спадов. Более совершенная форма резонансной характеристики фильтра на кварцевых резонаторах достигается использованием двух пар резо-

наторов (рис. 23,*б*). Частоты резонаторов должны быть одинаковы, а разнос между ними выбирают равным $0{,}8\Delta f_{п}$.

На рис. 23,*в* и *г* приведены схемы фильтров с одним кварцем. Ширина полосы пропускания фильтра зависит от типа резонатора, от величины связи между контурами за счет емкости и индуктивности и от добротности контуров. Выравнивание частотной характеристики фильтра в пределах полосы пропускания производят подбором сопротивления резистора *R*.

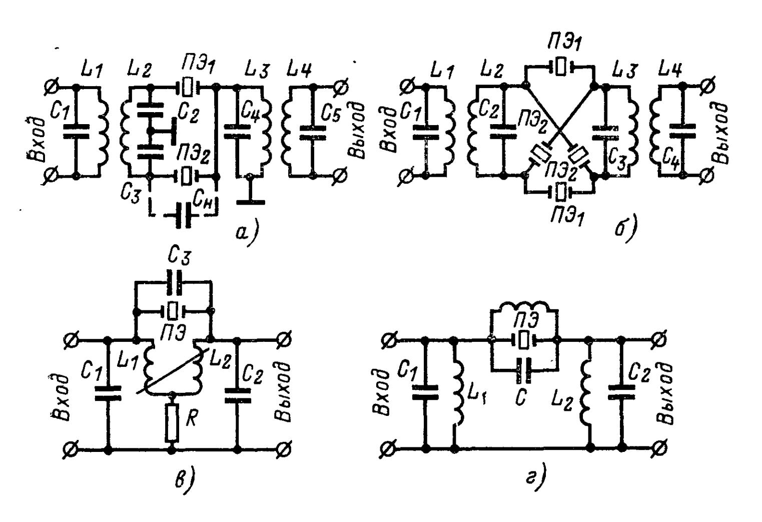


Рис. 23. Схемы полосовых фильтров с использованием кварцевых резонаторов.

7. Трехдиапазонный приемник с кварцевыми фильтрами

Приемник предназначен для пеленгации и поиска передатчиков, работающих в диапазонах 2, 10 и 80 м, и разработан с учетом требований, предъявляемых к аппаратуре для спортсменов высокого класса. Приемник выполнен по супергетеродинной схеме со сменными головками на все рабочие диапазоны.

Полосы частот в зависимости от диапазона имеют следующие значения: 3,45—3,75 МГц; 27,5—30 МГц; 143,0—147,0 МГц. Чувствительность приемника в диапазоне 80 м составляет 10 мкВ/м; в диапазоне 10 м — 5 мкВ/м; в диапазоне 2 м — 3 мкВ/м. Уход частоты гетеродина при изменении питающего напряжения на ±10% не превышает следующих значений: в диапазоне 80 м — 0,5 кГц; в диапазоне 10 м — 3,0 кГц; в диапазоне 2 м — 10,0 кГц. Избирательность по соседнему каналу соответственно равна: в диапазоне 3,5 МГц — узкая полоса при расстройке на 1,5 кГц 40 дБ, широкая полоса при расстройке на 10 кГц 26 дБ; в диапазоне 28 и 144 МГц — узкая полоса при расстройке на 10 кГц 30 дБ, широкая полоса при расстройке на 45 кГц 20 дБ. Избирательность по зеркальному каналу: в диапазоне 3,5 МГц 60 дБ; в диапазоне

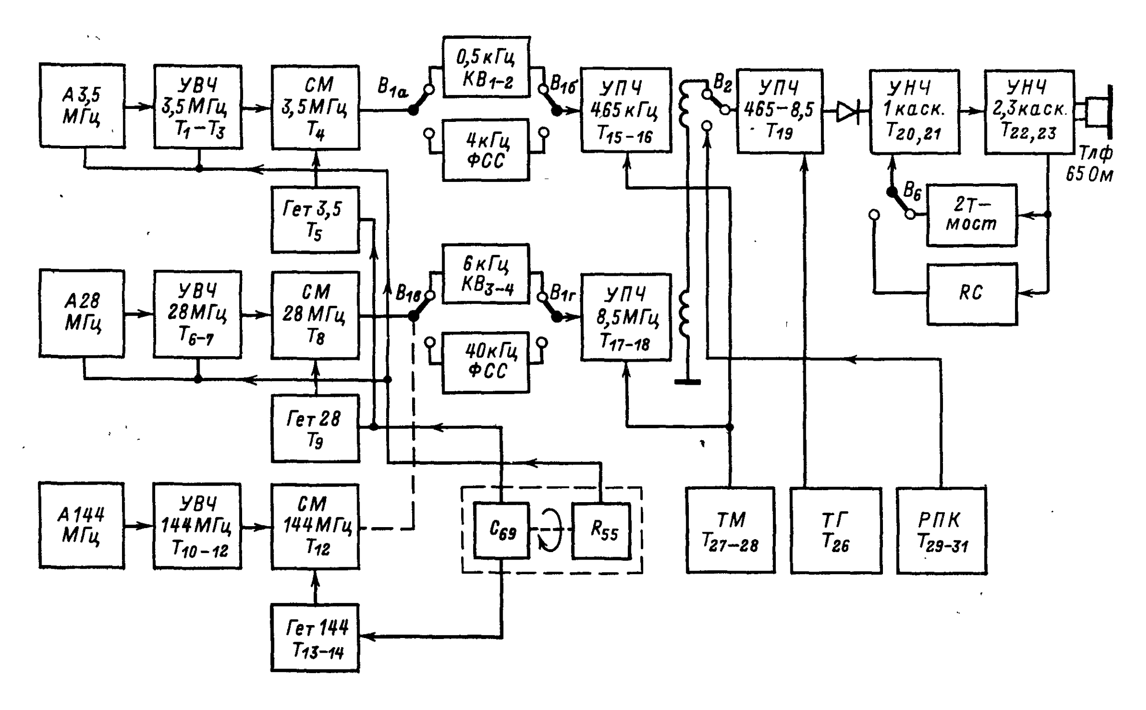
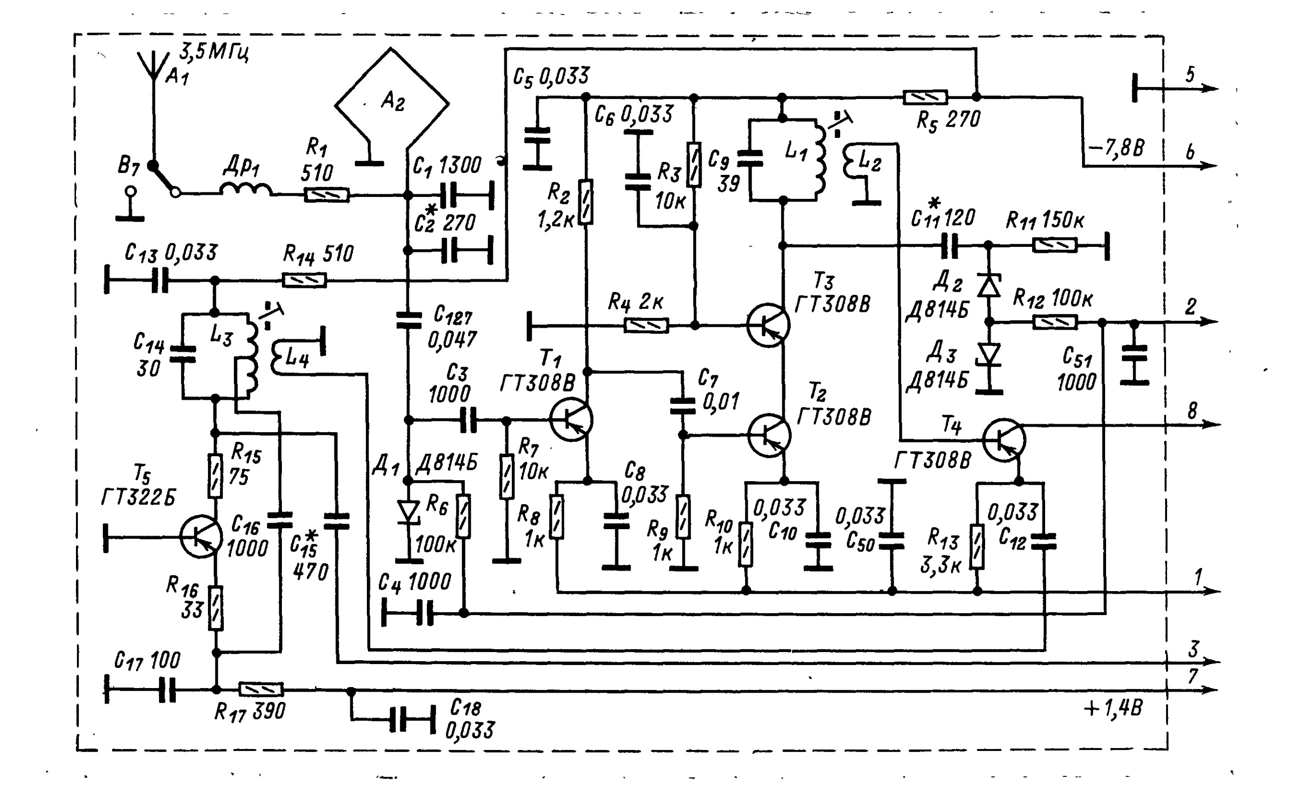


Рис. 24. Структурная схема трехдиапазонного приемника с кварцевыми фильтрами.



3,5 МГц
A1
A2
B7
Др1
R1 510
C1 1300
C2* 270
C5 0,033
C6 0,033
R2 1,2к
R3 10к
C9 39
L1
L2
R5 270
−7,8В
5
6
C13 0,033
R14 510
C11* 120
R11 150к
C14 30
L3
L4
C127 0,047
R4 2к
T3 ГТ308В
Д2 Д814Б
R12 100к
2
Д3 Д814Б
C51 1000
C3 1000
T1 ГТ308В
C7 0,01
T2 ГТ308В
T4 ГТ308В
8
R15 75
T5 ГТ322Б
C16 1000
C15* 470
Д1 Д814Б
R6 100к
R7 10к
R8 1к
C8 0,033
R9 1к
R10 1к
C10 0,033
C50 0,033
R13 3,3к
C12 0,033
1
R16 33
C4 1000
3
C17 100
R17 390
C18 0,033
7
+1,4В

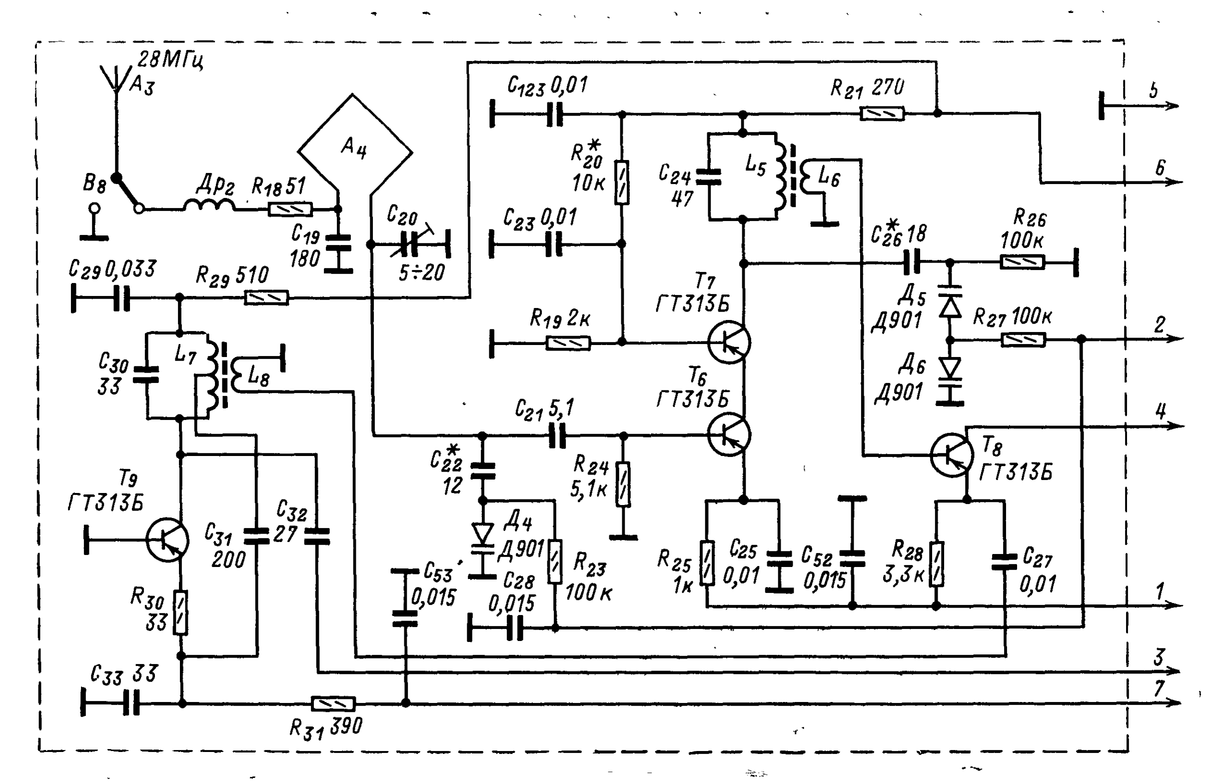


Рис. 25. Принципиальная схема ВЧ головок приемника.

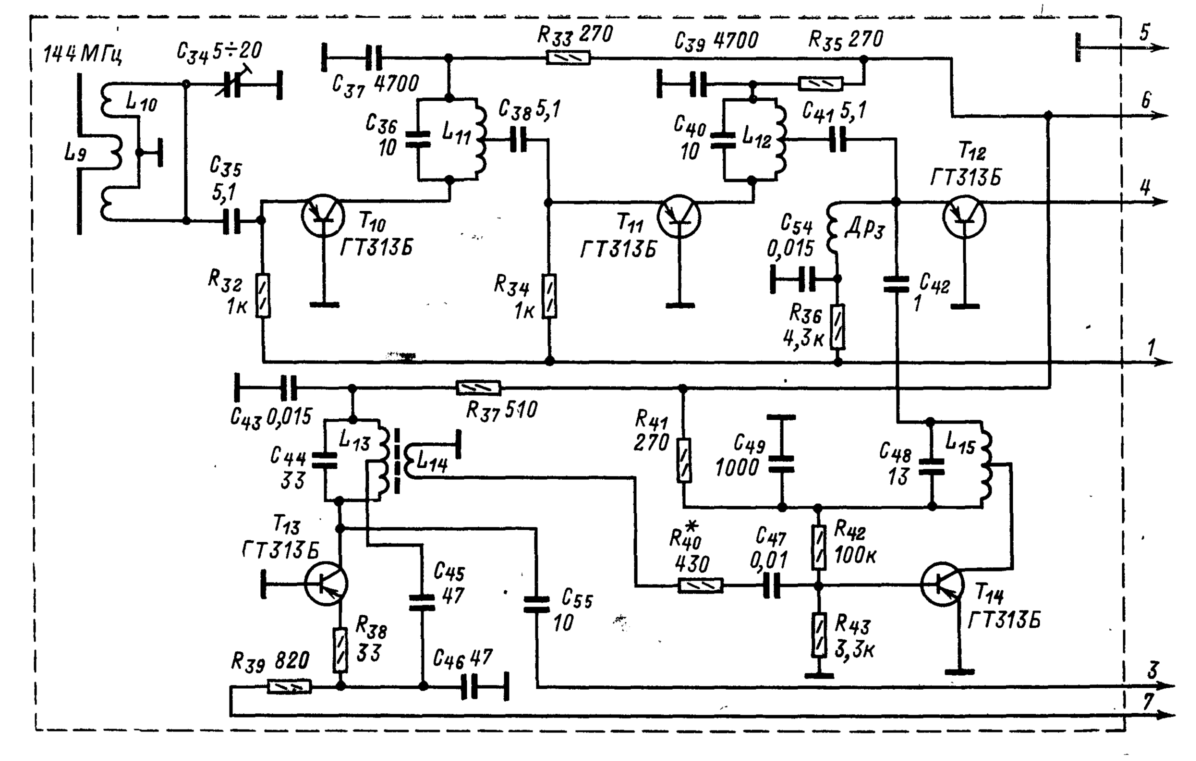


Рис. 25. (Продолжение).

28 МГц 40 дБ; в диапазоне 144 МГц 30 дБ. Глубина регулировки усиления не менее 100 дБ. Глубина минимума рамочных антенн в диапазоне 3,5 и 28 МГц 20 дБ; обратное ослабление кардиоиды не ниже 15 дБ. Обратное ослабление антенны типа «волновой канал» не ниже 12 дБ.

Питается приемник от двух аккумуляторов типа Д-0,1 (9 и 2,5 В). Потребляемый ток при максимальной нагрузке составляет 17 мА.

Структурная схема приемника приведена на рис. 24. Съемные головки состоят из антенн, усилителей ВЧ, гетеродинов и смесителей (без контуров ПЧ), настроенных на соответствующие частоты. Все остальные элементы приемника расположены в общем универсальном блоке.

Принципиальная схема головок приемника представлена на рис. 25, схема общего блока — на рис. 26. В диапазоне 80 м входной контур состоит из рамочной антенны A_2, конденсаторов C_1 и C_2 и стабилитрона $Д_1$, используемого в качестве конденсатора переменной емкости, штыревой антенны A_1, дросселя $Др_1$ и резистора R_1. Один конец катушки A_2 заземляется, а с другого сигнал через конденсатор C_3 поступает на вход апериодического каскада усилителя ВЧ.

Для получения диаграммы направленности в виде кардиоиды номиналы дросселя $Др_1$ и резистора R_1 подбирают таким образом, чтобы сигнал от штыревой антенны был равен по амплитуде и имел одинаковую фазу с сигналом, снимаемым с рамочной антенны. Входной контур диапазона 10 м состоит из рамочной антенны A_4, конденсаторов C_{19}, C_{20}, C_{22} и варикапа $Д_4$ (Д901), штыревой антенны, дросселя $Др_2$ и резистора R_{18}. Один конец антенны по высокой частоте заземлен через конденсатор C_{19}, с другого конца снимается сигнал через конденсатор C_{21}. Назначение дросселя $Др_2$ и резистора R_{18} аналогично назначению дросселя $Др_1$ и резистора R_1.

Входной контур диапазона 2 м состоит из антенны, катушки связи L_9, катушки индуктивности L_{10} и конденсатора C_{34}. Настройка на середину диапазона осуществляется подстроечным конденсатором C_{34}.

Усилитель высокой частоты в диапазоне 80 м двухкаскадный. Первый каскад — апериодический на транзисторе T_1, второй собран по каскодной схеме на транзисторах T_2 и T_3. Усилитель ВЧ в диапазоне 10 м однокаскадный, собран по каскодной схеме на транзисторах T_6 и T_7. Усилитель ВЧ в диапазоне 2 м двухкаскадный, собран на транзисторах T_{10} и T_{11} по схеме с общей базой.

Гетеродины приемников диапазонов 10 и 80 м собраны на транзисторах T_5 и T_9 по схеме с емкостной обратной связью. Гетеродин приемника диапазона 2 м — двухкаскадный. Первый каскад собран по схеме с емкостной обратной связью на транзисторе T_{13}. Связь этого каскада со смесителем осуществляется через буферный каскад-удвоитель T_{14}, позволяющий ввести регулировку усиления смесителя при сохранении необходимой стабильности гетеродина.

В качестве перестраиваемых элементов в контурах антенн и УВЧ служат диоды типов Д814Б и Д901, на которые подается напряжение, снимаемое с переменного резистора R_{55}. Последний укреплен на одной оси с конденсатором переменной емкости (КПЕ) гетеродина. Для улучшения частотной характеристики в диапазоне 2 м входной контур настроен на средину диапазона 145 МГц, а контуры УВЧ — на 144,3 МГц (L_{11}, C_{36}) и 145,7 МГц (L_{12}, C_{40}).

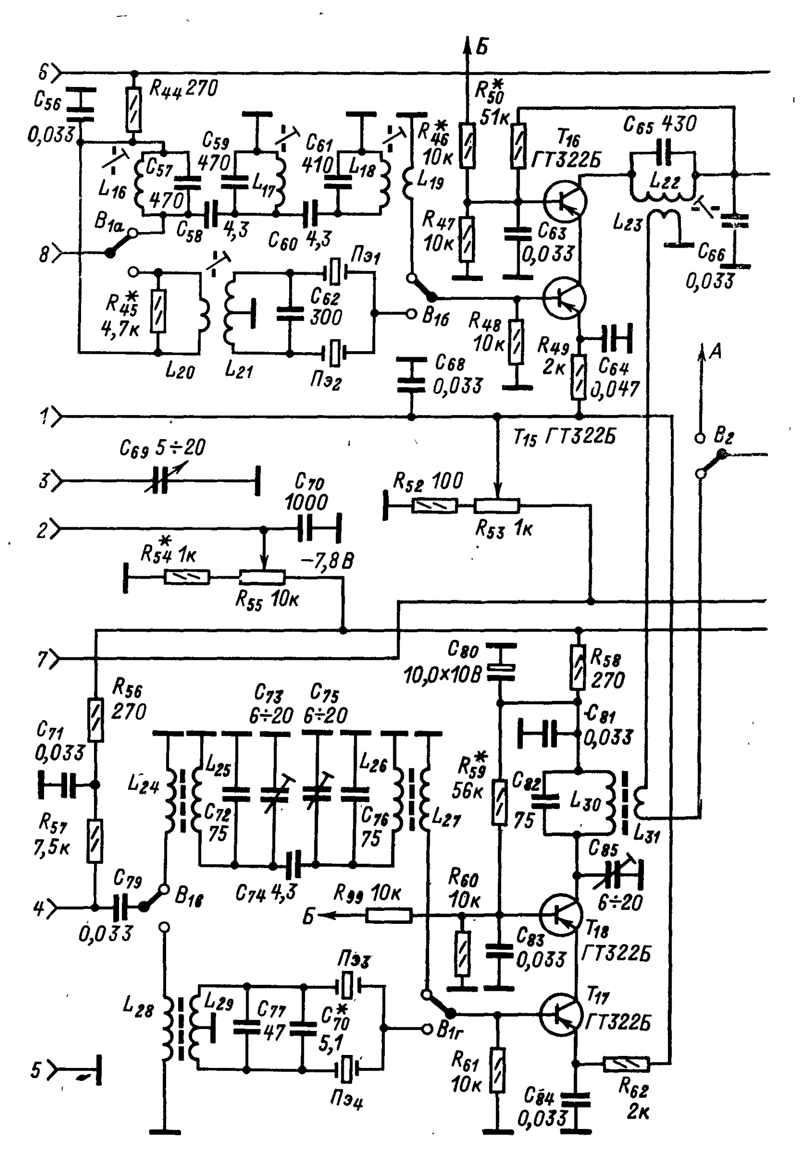
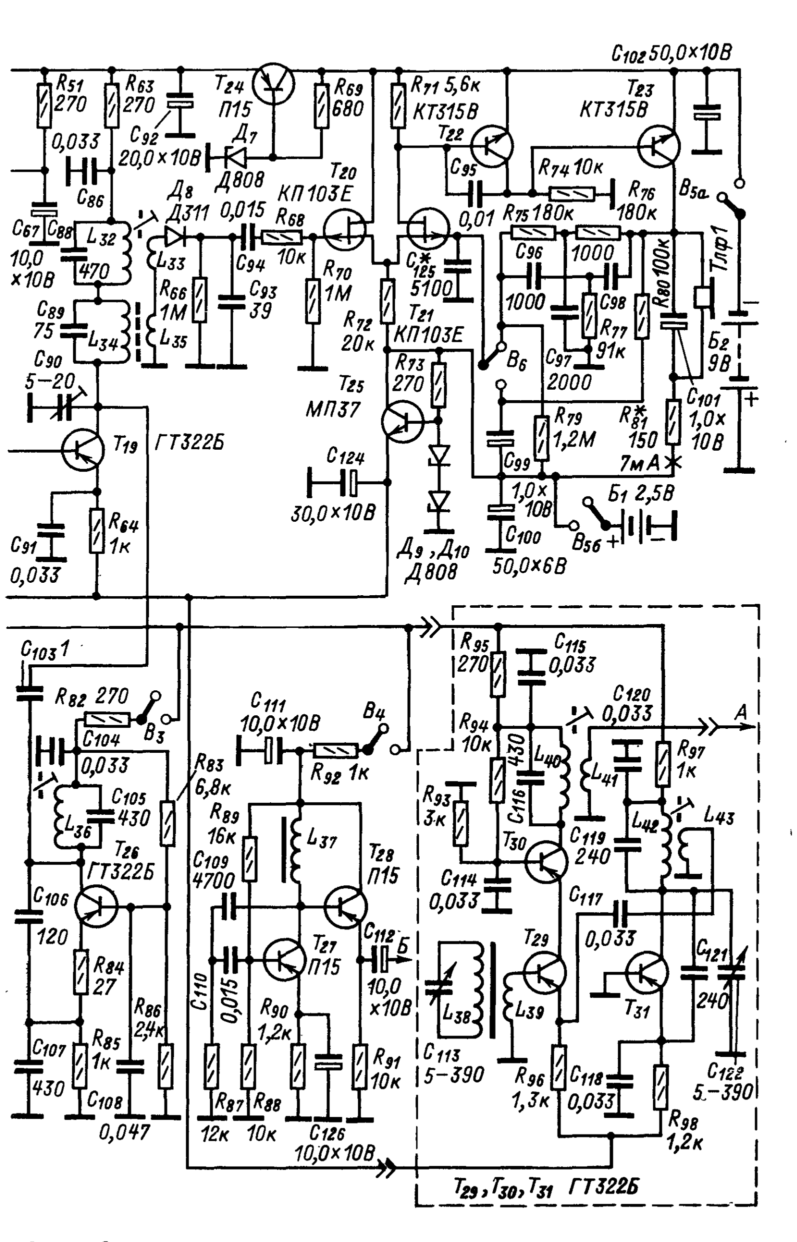


Рис. 26. Принципиальная схема



общего блока приемника.

В диапазонах 10 и 80 м напряжение гетеродина поступает в эмиттерную цепь, а напряжение сигнала — на базу транзисторов смесителя (T_4, T_8). В диапазоне 2 м напряжения гетеродина и сигнала поступают в эмиттерную цепь транзистора T_{12} смесителя через конденсаторы связи C_{41} и C_{42}.

Узкополосные фильтры ПЧ собраны на кварцах. В диапазоне 80 м подключаются кварцы $ПЭ_1$ и $ПЭ_2$ (частоты кварцев 465,1 кГц и 464,5 кГц), в диапазоне 2 и 10 м — кварцы $ПЭ_3$ и $ПЭ_4$ (частоты кварцев 8,544 МГц и 8,550 МГц). Широкополосные фильтры ПЧ собраны на ФСС (465 кГц — L_{16}, C_{57}; L_{17}, C_{59}; L_{18}, C_{61}; 8,5 МГц — L_{25}, C_{72}, C_{73}; L_{26}, C_{75}, C_{76}.

С выходов фильтров сигналы поступают на каскады УПЧ, собранные по каскодным схемам на транзисторах T_{15}, T_{16} (465 кГц) и T_{17}, T_{18} (8,5 МГц). Далее сигналы с последовательно соединенных катушек связи L_{23}, L_{31} поступают на вход каскада усилителя ПЧ, общего для частот 465 кГц и 8,5 МГц. Каскад собран на транзисторе T_{19} по схеме с общим эмиттером. Нагрузкой каскада служат последовательно включенные контуры, настроенные на промежуточные частоты 465 кГц и 8,5 МГц Детектор выполнен на германиевом диоде $Д_8$ (Д311).

Усилитель низкой частоты представляет собой трехкаскадный усилитель с гальванической связью. Первый каскад, собранный на полевых транзисторах (T_{20}, T_{21}), является дифференциальным усилителем; на один его вход подается напряжение сигнала с детектора, а второй вход используется для осуществления обратной связи с выхода третьего каскада T_{23}. В цепь обратной связи в режиме узкой полосы включается 2Т-мост, в режиме широкой полосы — RC-цепочка (R_{80}, C_{99}).

Дифференциальная схема наряду с хорошей стабилизацией по постоянному току обладает высоким входным сопротивлением, необходимым для его согласования с выходом детектора и включения избирательной RC-цепи. Контур обратной связи обеспечивает почти 100%-ную обратную связь по постоянному току, которая стабилизирует рабочие точки транзистора T_{21} и транзисторов последующих каскадов.

Телеграфный гетеродин с частотой 465 кГц собран по схеме с емкостной обратной связью на транзисторе T_{26}. Напряжение гетеродина через конденсатор связи C_{103} подается на коллектор транзистора T_{19}.

Тональный модулятор представляет собой LC-генератор, выполненный на транзисторе T_{27}. Эмиттерный повторитель T_{28} служит для согласования генератора НЧ с нагрузкой.

Гетеродин **радиополукомпаса** собран по схеме с емкостной обратной связью на транзисторе T_{31}, смеситель — по каскодной схеме на транзисторах T_{29}, T_{30}. Такая схема обеспечивает большую развязку между входом и выходом, что позволяет вести прием радиостанции на частотах, близких к промежуточной, и выбирать сильную связь с антенной, не опасаясь возбуждения. Сигнал с нагрузки смесителя через переключатель B_2 поступает на выходной каскад УПЧ приемника и далее усиливается, как основной сигнал.

Для обеспечения стабильной работы приемника при снижении напряжения питания служат стабилизаторы, собранные на транзисторах T_{24}, T_{25}.

Конструкция и детали. Основной корпус приемника и корпуса головок изготовлены из дюралюминия. Габариты основного корпуса

$250 \times 55 \times 30$ мм, корпуса головок $60 \times 55 \times 30$ мм. Чертежи корпуса приведены на рис. 27. Корпуса головок на 3,5 и 28 МГц (рис. 28,*а*) идентичны, а в корпусе головки на 144 МГц имеются незначительные отличия во внутренней части, указанные на рис. 28,*б*.

Крепление головок к основному блоку осуществляется винтовым разъемом, чертеж которого приведен на рис. 28,*в*. Электрический контакт осуществляется с помощью восьми пар контактов *1* от разъемов типа ШРМ. Контакты закреплены на печатных платах *2*, изготовленных из фольгированного стеклотекстолита. Контакты устанавливают в отверстия диаметром 2 мм и распаивают с двух сторон. Для обеспечения точного соответствия положения контактов желательно использовать кондуктор, по которому сверлят отверстия во всех платах в собранном состоянии. Накидную гайку *3* изготовляют с накаткой для удобства крепления головок. Для обеспечения герметичности предусмотрена прокладка из резины *4*, уложенная в паз. Основание разъема *5* крепится к основному корпусу.

Крышки основного корпуса и корпусов головок (рис. 28, *г*) устанавливают с герметизирующими прокладками из резиновых полосок толщиной 0,5 мм и закрепляют винтами М2. Для оперативной смены питания крышку отсека с аккумуляторами крепят винтом с накаткой, расположенным посредине отсека.

Для обеспечения одновременного изменения частоты гетеродина и входных контуров конденсатор C_{69} и резистор R_{55} укреплены соосно на П-образном держателе, который крепится к корпусу приемника гайкой конденсатора. На оси резистора сделан шлиц, в который входит выступ, выпиленный на оси конденсатора. С целью экономии места использован малогабаритный резистор типа СПЗ-4М. Плавная перестройка частоты приемника производится с помощью верньерного устройства, изготовленного из двух шестерен с передаточным отношением 3 : 1.

Радиополукомпас в сборке и чертежи его деталей приведены на рис. 29. Детали *3—6* выполнены из дюралюминия, детали *7—9*, *11* — из фторопласта, детали *1*, *2* — из эбонита, деталь *10* — из фольгированного стеклотекстолита. Для подключения источника питания и выхода радиополукомпаса использован мягкий множительный провод от телефонного кабеля. Для предотвращения его разрыва при многократных поворотах корпуса РПК предусмотрен ограничитель угла поворота (максимальный угол поворота 350°). Антенна вырезана из плоского ферритового стержня марки 400НН и имеет размеры внутренней части корпуса РПК; укреплена на пружинящих стойках (из полоски бериллиевой бронзы толщиной 0,3 мм). Перестройку частоты РПК производят сдвоенным конденсатором переменной емкости C_{113}—C_{122}, на оси которого укреплена градуированная шкала частоты. Для повышения точности и облегчения контроля за изменением угла поворота на передатчики имеется наружное кольцо *6* (рис. 29), вращающееся относительно корпуса РПК и градуированное от 0 до 360°.

Монтажные платы выполнены из фольгированного стеклотекстолита толщиной 2,5 мм и имеют размеры, соответствующие размерам основного блока и блоков головок, и закреплены винтами М2. В приемнике применены малогабаритные детали: конденсаторы типа КМ, К50-6, КПКМ, резисторы типа МЛТ-0,125, переключатели режима работы приемника типа МП1-1.

В качестве сердечников контуров использованы ферритовые сердечники типа Ч2, карбонильные типа СБ-9а и СБ-12а и кольца,

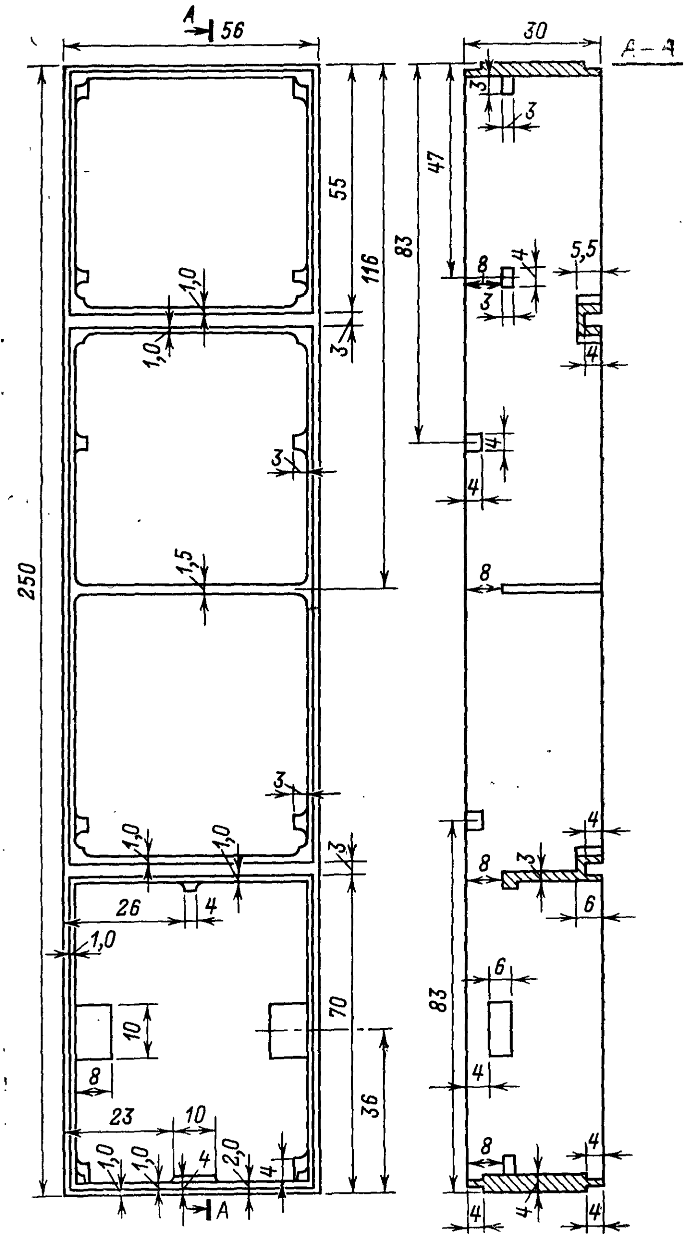


Рис. 27. Чертежи основного блока приемника.

4—544

Рис. 28. Чертежи корпусов съемных ВЧ головок (*а*, *б*), разъема (*в*) и крышки (*г*).

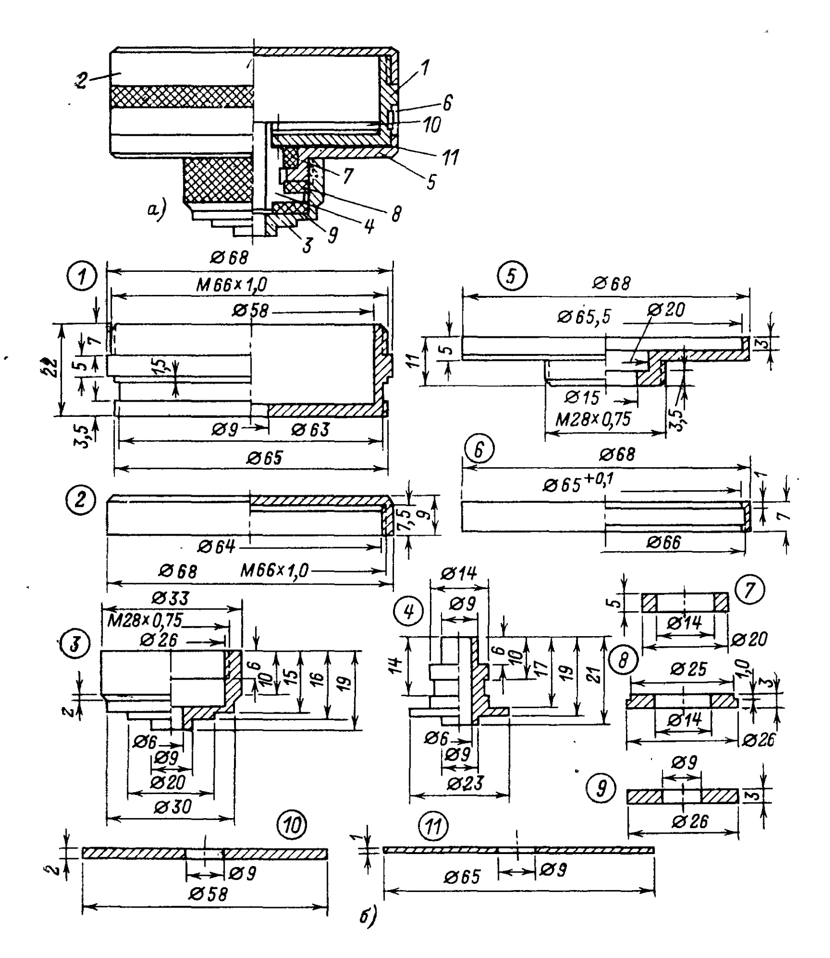


Рис. 29. Радиополукомпас в сборе (*а*) и его детали (*б*).

изготовленные из карбонильных сердечников типа СБ-21а. Кольца изготовляют следующим образом. Чашку сердечника обламывают, оставшуюся часть снимают наждачной бумагой до образования кольца высотой 3 мм. Для предотвращения уменьшения добротности контуров при работе в условиях сильной влажности катушки помещены в разборные стаканы из плексигласа и тщательно заклеены.

Моточные данные катушек приведены в табл. 2. Монтажные платы и расположение деталей показаны на рис. 30, 31, внешний вид приемника — на рис. 32.

Налаживание приемника. Рассмотрим порядок настройки трехдиапазонного приемника со сменными головками. При этом необ-

Таблица 2

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Тип намотки	Тип сердечника или каркас
A_2	1	Посеребренный, ∅ 1,2 мм	—	Рамочная антенна 80 м ∅ 300 мм
A_4	1	Посеребренный, ∅ 1,2 мм	—	Рамочная антенна 10 м ∅ 300 мм
L_1	3×15	ПЭЛ 0,2	Внавал	СБ-12а
L_2	3	ПЭЛ 0,27	»	Поверх L_1
L_3	3×20, отвод от 15-го витка	ПЭЛ 0,2	»	СБ-12а
L_4	1	ПЭЛ 0,27	—	Поверх L_3
L_5	10	ПЭЛ 0,14	Рядовая	Кольцо от СБ-23-11а
L_6	2	ПЭЛ 0,2	»	Поверх L_5
L_7	10, отвод от 3-го витка	ПЭЛ 0,14	Рядовая	Кольцо от СБ-23-11а
L_8	2	ПЭЛ 0,2	»	Поверх L_7
L_9	2	Посеребренный, ∅ 1 мм	Наружный диаметр 6 мм, шаг 2 мм	Бескаркасная
L_{10}	4+4	Посеребренный, ∅ 1 мм	То же	»
L_{11}	5	Посеребренный, ∅ 1 мм	» »	»
L_{12}	5	Посеребренный, ∅ 1 мм	» »	»
L_{13}	10, отвод от 2-го витка	Посеребренный, ∅ 0,6 мм	Рядовая, шаг 1,5 мм	Кольцо от СБ-23-11а
L_{14}	2	ПЭЛ 0,29	То же	Поверх L_{13}
L_{15}	5	Посеребренный, ∅ 1 мм	Наружный диаметр 6 мм, шаг 2 мм	Бескаркасная
L_{16}	3×33	ЛЭ 5×0,06	Внавал	Ч2
L_{17}	3×33	ЛЭ 5×0,06	То же	Ч2
L_{18}	3×33	ЛЭ 5×0,06	» »	Ч2
L_{19}	3	ПЭЛ 0,2	Внавал	Поверх L_{18}
L_{20}	30	ПЭЛ 0,13	»	Ч2
L_{21}	2×60, отвод от середины	ПЭЛ 0,14	»	Поверх L_{20}
L_{22}	3×33	ЛЭ 5×0,06	Бескаркасная, внавал	СБ-9а
L_{23}	3	ПЭЛ 0,2	То же	Поверх L_{22}
L_{24}	9	ПЭЛ 0,2	Рядовая	Кольцо из СБ-23-11а
L_{25}	42	ПЭЛ 0,31	»	Поверх L_{24}
L_{26}	42	ПЭЛ 0,31	»	Кольцо из СБ-23-11а
L_{27}	9	ПЭЛ 0,2	»	Поверх L_{26}

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Тип намотки	Тип сердечника или каркас
L_{28}	22	ПЭЛ 0,13	Рядовая	Кольцо из СБ-23-11а
L_{29}	30	ПЭЛ 0,21	»	Поверх L_{28}
L_{30}	42	ПЭЛ 0,31	»	Кольцо из СБ-23-11а
L_{31}	3	ПЭЛ 0,21	»	Поверх L_{30}
L_{32}	3×33	ПЭЛ 0,13	Внавал	СБ-9а
L_{33}	3×33	ПЭЛ 0,13	»	Поверх L_{32}
L_{34}	36	ПЭЛ 0,2	Рядовая	Кольцо из СБ-23-11а
L_{35}	36	ПЭЛ 0,2	»	Поверх L_{34}
L_{36}	3×33	ЛЭ 5×0,06	Внавал	СБ-9а
L_{37}	До заполнения	ПЭВ 0,05	»	Ч2
L_{38}	150	ПЭЛШО 0,1	»	Плоский ферритовый стержень 400НН
L_{39}	10	ПЭЛШО 0,1	»	Поверх L_{38}
L_{40}	3×33	ЛЭ 5×0,06	»	СБ-9а
L_{41}	3	ПЭЛ 0,2	»	Поверх L_{40}
L_{42}	3×33	ЛЭ 5×0,06	»	СБ-9а
L_{43}	3	ПЭЛ 0,2	»	Поверх L_{42}
$Др_1$	3×10	ПЭЛ 0,14	»	Ч2
$Др_2$	11	ПЭЛ 0,2	Рядовая	Кольцо из СБ-23-11а
$Др_3$	7	ПЭЛ 0,51	Наружный диаметр 4 мм	Бескаркасная

ходимы следующие приборы: ампервольтомметр (авометр) — универсальный прибор, позволяющий измерять постоянные и переменные токи и напряжения, а также сопротивления; генератор стандартных сигналов Г4-1А (ГСС-6, Г4-18) и УКВ генератор типа Г4-7А; милливольтметр типа В3-2А (МВЛ-2М); генератор звуковой частоты типа Г3-2 (3Г-10) или другого типа. Кроме этих основных приборов желательно иметь осциллограф и цифровой частотомер. Осциллограф позволяет не только измерять напряжение на выходе того или иного каскада, но и видеть на экране исследуемый сигнал, его форму. Это помогает провести более точную настройку приемника, при необходимости определить характер неисправности каскада и облегчить ее устранение. Цифровой частотомер позволяет легко и с высокой точностью отградуировать шкалу приемников.

Налаживание приемника следует начинать с предварительной проверки на отсутствие коротких замыканий в печатной плате, которые могут возникнуть вследствие недостаточно качественного вытравливания участков между близко расположенными проводниками или при распайке деталей. Короткие замыкания такого рода легко обнаруживают при помощи омметра и затем устраняют. Проверку

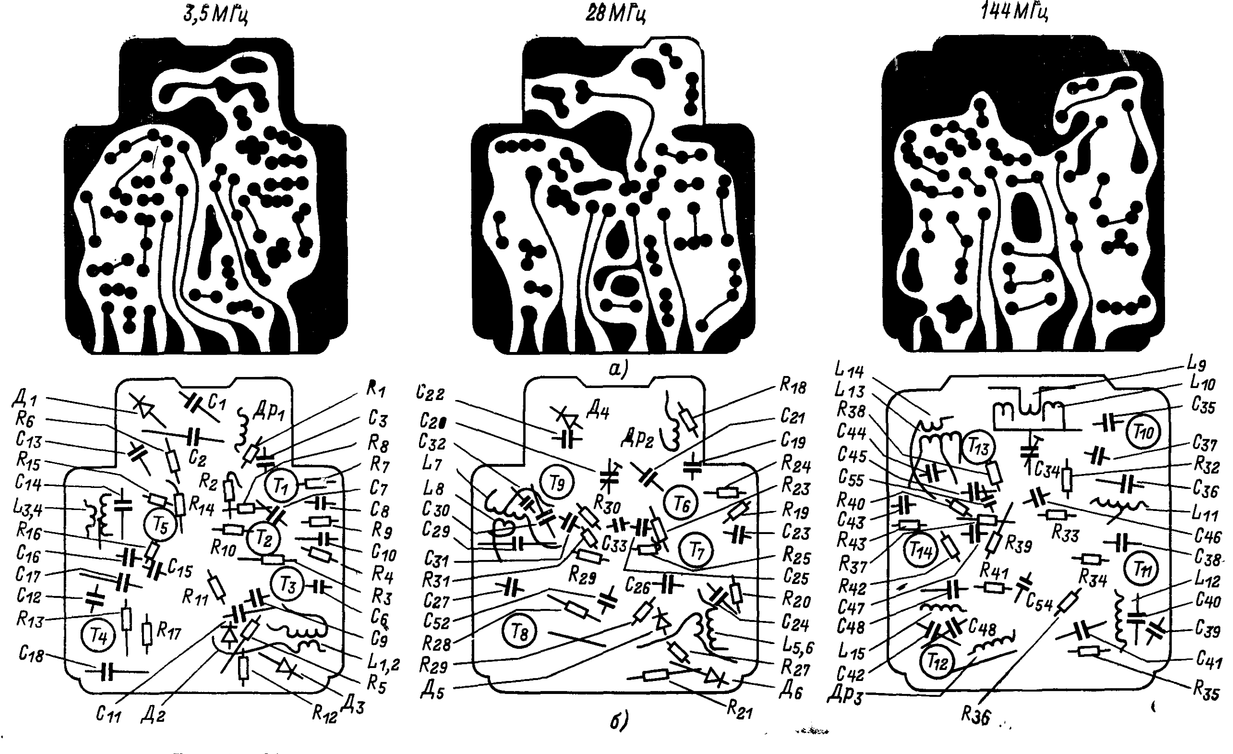


Рис. 30. Монтажные платы (*а*) и расположение на них деталей ВЧ головок (*б*).

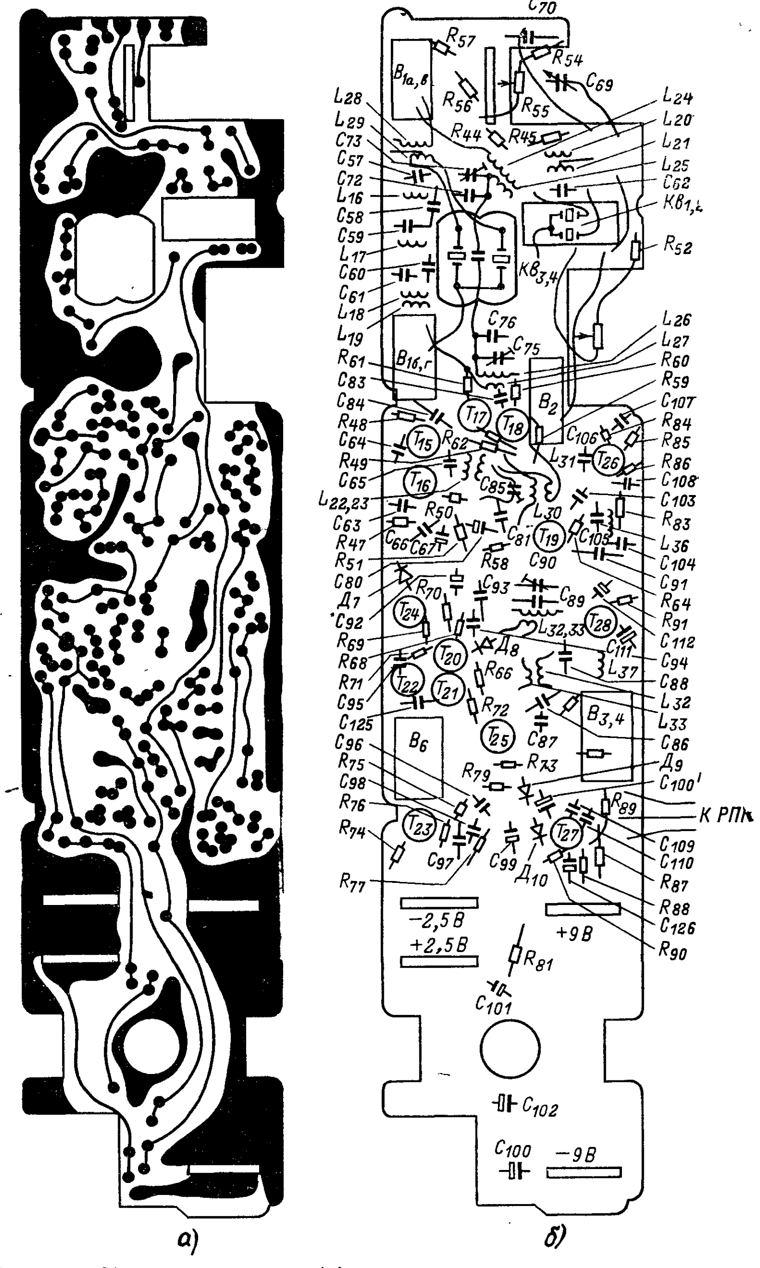


Рис. 31. Монтажная плата (*а*) и расположение на ней деталей общего блока (*б*).

на отсутствие коротких замыканий в цепях производят путем измерения тока, потребляемого приемником. Для этого в разрыв общей цепи питания параллельно выключенным переключателям $B_{5а}$ и $B_{5б}$ присоединяют миллиамперметры. Измеряемый ток не должен превышать 15—20 мА. В противном случае вынимают аккумулятор из приемника и вновь проверяют цепи с помощью омметра. Для облегчения нахождения неисправности можно разделить исследуемую цепь на отдельные участки, разрезав печатные проводники на плате лезвием бритвы. Если токи незначительно отличаются от указанных значений, то можно приступить к покаскадной проверке и наладке приемника.

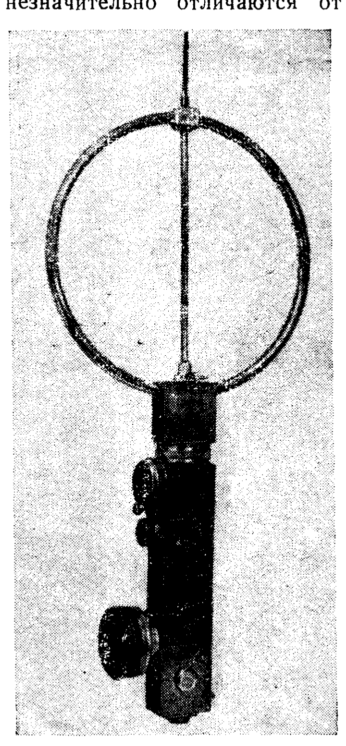


Рис. 32. Внешний вид приемника.

Усилитель низкой частоты. Для проверки УНЧ милливольтметр и осциллограф подключают параллельно головным телефонам, а на базу транзистора T_{20} с генератора низкой частоты через резистор сопротивлением 100 кОм и конденсатор емкостью 1 мкФ подают сигнал напряжением 5 мВ и частотой 1 кГц. Переключатель B_6 ставят в положение «широкая полоса». Показание милливольтметра должно быть не менее 1 В; при этом на экране осциллографа должна наблюдаться синусоида. При повышении уровня сигнала от генератора выходное напряжение начнет ограничиваться, что скажется на изменении его формы. На пороге ограничения напряжение на выходе должно быть около 3 В. В противном случае следует изменить положение рабочей точки транзистора T_{23} подбором сопротивлений резисторов R_{74} и R_{81}. Ток покоя транзистора T_{23} составляет 6—7 мА, транзистора T_{22} 2—3 мА, T_{20} и T_{21} 1—1,5 мА. Настройка УНЧ в режиме «узкая полоса» сводится к подбору элементов 2Т-моста (C_{96}—C_{98}). При указанных на схеме рис. 26 значениях элементов 2Т-моста частота настройки усилителя соответствует 550 Гц при полосе пропускания около 80 Гц. Полосу пропускания можно изменить подбором емкости конденсатора C_{125}.

Детектор. Для проверки детектора генератор низкой частоты от приемника отключают. На коллектор транзистора T_{19} через разделительный конденсатор емкостью 0,1 мкФ от генератора Г4-1А, настроенного на промежуточную частоту 465 кГц или 8,5 МГц, подают сигнал напряжением 50 мВ, с модуляцией 70% и частотой 1000 Гц. При исправном детекторе на выходе УНЧ должен присутствовать сигнал низкой частоты.

Усилитель промежуточной частоты. Настройку УПЧ начинают с контура L_{34}, C_{89}. Катушки связи L_{23} и L_{31} на время настройки отключают, а между базой транзистора T_{19} и корпусом подключают резистор сопротивлением 1 кОм. На базу транзистора T_{19} подают сигнал от генератора с частотой 8,5 МГц и амплитудой около 200 мкВ. При этом конденсатор C_{90} должен находиться в среднем положении, чтобы иметь возможность подстройки контура. Подбором емкости конденсатора C_{89} контур настраивают на частоту генератора. Затем настраивают контур L_{32}, C_{88} на частоту 465 кГц подстроечным сердечником по максимуму сигнала на выходе приемника.

При налаживании приемников часто происходит самовозбуждение усилителя ПЧ, сопровождающееся свистом или шорохами в телефонах. Их громкость и тон меняются при прикосновении рукой корпусов транзисторов T_{15}—T_{19}. При самовозбуждении на экране появляется осциллограмма паразитных колебаний, а милливольтметр покажет некоторое переменное напряжение. Для обнаружения источника самовозбуждения последовательно шунтируют входные цепи каскадов УПЧ резистором сопротивлением несколько сотен ом. Исчезновение самовозбуждения при шунтировании входной цепи каскада свидетельствует о наличии самовозбуждения в этом каскаде, либо о том, что данный каскад охвачен паразитной обратной связью.

Одной из основных причин самовозбуждения каскада может явиться его большой коэффициент усиления. Для уменьшения усиления каскада шунтируют контуры в коллекторах транзисторов T_{16}, T_{18}, T_{19} резисторами сопротивлением 10—100 кОм. Снижение усиления всего УПЧ добиваются увеличением сопротивлений резисторов R_{49}, R_{62}, R_{64}.

При настройке контуров $L_{22}C_{65}$ и $L_{30}C_{82}$ катушки связи L_{23} и L_{31} необходимо подключить к базе транзистора T_{15} и T_{17}. От генератора сигнал с амплитудой 20 мкВ и частотой 465 кГц (или 8,5 МГц) подают на базу транзистора T_{15} (или T_{17}). Сердечником катушки L_{22} контур $L_{22}C_{65}$ настраивают на частоту 465 кГц по максимуму напряжения на выходе. Аналогично с помощью подстроечного конденсатора C_{85} настраивают контур $L_{30}C_{82}$ на частоту 8,5 МГц.

Тональный модулятор. Налаживание тонального модулятора (генератора) производят следующим образом. Резистор R_{89} заменяют переменным с сопротивлением 50—100 кОм, последовательно с которым включают резистор сопротивлением 5—10 кОм. К базе транзистора T_{28} подключают осциллограф. Вращением ручки переменного резистора добиваются устойчивой генерации и наименьших искажений синусоиды, наблюдаемой на экране осциллографа.

После этого необходимо проверить работу модулятора при низкой температуре. В зимнее время приемник выносят на улицу или помещают в морозильную камеру холодильника. После выдерживания приемника на холоде в течение 50—60 мин быстро проверяют работу генератора. В случае срыва колебаний необходимо изменить режим работы транзистора T_{28} при помощи переменного сопротивления, впаянного вместо резистора R_{89}. Проверку работы генератора при высокой температуре осуществляют нагреванием транзистора T_{28}. Далее подбором номиналов конденсаторов C_{109}, C_{110} настраивают тональный генератор на частоту узкополосного УНЧ. Напряжение низкой частоты на базах транзисторов T_{16}, T_{18} подбирают

изменением сопротивлений резисторов R_{50}, R_{59} так, чтобы оно находилось в пределах 0,5—0,6 В.

Телеграфный гетеродин. Телеграфный гетеродин (генератор) настраивают на частоту, близкую к промежуточной. Для этого на вход транзистора T_{19} подают сигнал с частотой 465 кГц и вращением сердечника катушки L_{36} добиваются появления на выходе приемника сигнала звуковой частоты. После окончания настройки каскадов УПЧ приступают к последовательной настройке высокочастотных сменных головок. Вначале настраивают головку диапазона 80 м, затем головки диапазонов 10 и 2 м.

Диапазон 80 м. Устанавливают головку, закорачивают контур гетеродина L_3, C_{14}, отключают катушку связи L_2 и вместо нее подключают генератор. Генератор настраивают на частоту 465 кГц, причем амплитуду напряжения устанавливают таким образом, чтобы сигнал на выходе приемника едва прослушивался. После этого настраивают фильтр сосредоточенной селекции $L_{16}C_{57}$, $L_{17}C_{59}$ и $L_{18}C_{61}$. Подстраивая сердечники катушек, добиваются максимального напряжения на выходе приемника. При напряжении на выходе свыше 100 мВ необходимо уменьшить напряжение сигнала от ГСС.

Вначале настраивают контур $L_{18}C_{61}$, затем контур $L_{17}C_{59}$ и, наконец, контур $L_{16}C_{57}$. Настройку повторяют в том же порядке несколько раз, так как изменение частоты настройки одного из контуров вызывает некоторую расстройку других. Для уменьшения взаимного влияния во время настройки одного из контуров два других целесообразно шунтировать резисторами сопротивлением 600 Ом — 1 кОм. По окончании настройки ФСС снимают частотную характеристику тракта УПЧ и определяют полосу пропускания, которая должна быть в пределах 3—4 кГц. При самовозбуждении будет наблюдаться асимметрия или выброс частотной характеристики. Устранение самовозбуждения производят описанным выше способом.

При настройке кварцевого фильтра переключатели $B_{1а}$ и $B_{1б}$ переводят в положение «узкая полоса», генератор настраивают на частоту 464,800 кГц и подстраивают контур $L_{21}C_{62}$ по максимуму напряжения на выходе. Если при изменении частоты генератора на выходе обнаруживается несколько максимумов напряжения с различными амплитудами, то это указывает на неточную настройку фильтра. Подстройкой контура $L_{21}C_{62}$ и изменением сопротивления шунтирующего резистора R_{45} добиваются равномерной частотной характеристики в полосе пропускания тракта ПЧ. Правильная настройка контура $L_{21}C_{62}$ определяет симметрию частотной характеристики фильтра. В случае ее отклонения вправо по частоте контур следует настроить на частоту несколько ниже, при отклонении влево — на частоту несколько выше. Затем снимают перемычку, закорачивающую контур гетеродина, ГСС перестраивают на диапазон 3—6 МГц, а к эмиттеру транзистора T_4 подключают ламповый вольтметр. При исправном гетеродине вольтметр покажет напряжение 0,1—0,5 В. С помощью резистора R_{17} это напряжение устанавливают равным 0,2—0,3 В. Далее перестройкой частоты ГСС определяют две частоты, на которых принимается сигнал. Рабочая частота будет иметь большее значение, по отношению к которому частота гетеродина ниже частоты принимаемого сигнала.

Затем конденсатор C_{69} и подстроечный сердечник катушки L_3 устанавливают в среднее положение, а генератор сигналов переводят на частоту 3,57 МГц. Вращением сердечника катушки L_3 добиваются

настройки приемника на частоту сигнала (3,57 МГц). Если этого сделать не удается, то изменяют емкость конденсатора C_{14} и операцию по настройке повторяют. После этого вращением ручки настройки приемника определяют перекрытие диапазона по частоте. Если необходимое перекрытие не обеспечивается, то увеличивают индуктивность катушки L_3 и уменьшают емкость конденсатора C_{14}.

Сопряжение контуров усилителя высокой частоты и гетеродина осуществляют в двух точках диапазона подстройкой индуктивности и начальной емкости каждого контура. Стабилитрон желательно подобрать по наибольшему коэффициенту перекрытия по частоте при изменении напряжения на нем от —1 до —7,8 В. Подбор можно осуществить различными способами, один из которых заключается в том, что к контуру, составленному из катушки индуктивности и емкости стабилитрона, подключают генератор и ламповый милливольтметр по схеме, приведенной на рис. 33. Определением резонансных частот контура при двух крайних значениях управляющего напряжения находят пределы перестройки резонансной частоты контура при использовании данного экземпляра диода. Амплитуда переменного напряжения на стабилитроне не должна превышать 1 В, в противном случае через диод будет проходить прямой ток и емкость *p-n* перехода будет зашунтирована малым прямым сопротивлением. Возможность контроля амплитуды переменного напряжения позволяет оценить добротность стабилитрона на рабочей частоте. Такой подбор необходим для стабилитрона, так как он входит в антенный контур одновитковой рамки.

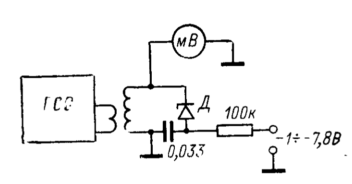


Рис. 33. Схема включения приборов для подбора стабилитронов.

Сопряжение частот перестройки антенного контура с контуром гетеродина и усилителя ВЧ производят в следующей последовательности. Вначале определяют частоту настройки антенного контура. Для этого генератор сигнала нагружают на измерительную рамку, а к коллектору T_1 подключают ламповый милливольтметр. По максимуму напряжения милливольтметра при изменении частоты генератора определяют граничные частоты настройки антенного контура. Контур должен перестраиваться в диапазоне 3,45—3,75 МГц. Затем с частотами настройки рамки сопрягают частоты настройки контура гетеродина и усилителя высокой частоты.

Диапазон 10 м. Устанавливают сменную головку диапазона 10 м и закорачивают контур гетеродина L_7C_{30}. К базе транзистора T_3 подключают генератор, настроенный на частоту 8,5 МГц. Фильтр сосредоточенной селекции $L_{25}C_{72}$ и $L_{26}C_{76}$ настраивают по максимуму напряжения на выходе при помощи подстроечных конденсаторов C_{73} и C_{75}.

Методика настройки кварцевого фильтра на частоту 8,5 МГц аналогична настройке кварцевого фильтра на частоту 465 кГц. Настройку контура $L_{29}C_{77}$ на среднюю частоту фильтра осуществляют подбором емкости конденсатора C_{70}. Затем снимают перемычку, закорачивающую контур гетеродина, к базе транзистора T_8 подключают генератор УКВ диапазона и к эмиттеру транзистора T_8 подключают ламповый вольтметр. Частота гетеродина на этом диапа-

зоне выше частоты принимаемого сигнала. Напряжение гетеродина должно быть в пределах 0,1—0,15 В; его подбирают изменением числа витков катушки L_8. Далее приступают к укладке гетеродина в диапазон и сопряжению настроек контуров антенн, усилителя высокой частоты и гетеродина. Так как изменять индуктивность антенны A_4 не представляется возможным, то антенну настраивают при помощи подстроечного конденсатора C_{20} и сопрягающего конденсатора C_{22} на частоты 27,5 МГц и 30 МГц. Сопряжение частоты настройки антенны с частотами настройки контуров гетеродина и УВЧ осуществляют изменением индуктивностей катушек L_7 и L_5, емкостей контурных конденсаторов C_{30} и C_{24}, а также сопрягающих конденсаторов C_{32} и C_{26}.

Диапазон 2 м. Частота гетеродина на этом диапазоне ниже частоты сигнала, поэтому за рабочую принимают верхнюю частоту сигнала. Гетеродин двухкаскадный, частота настройки задающего генератора 67,25—68,75 МГц. Настройку в диапазон осуществляют изменением емкости конденсаторов C_{55}, C_{44} и индуктивности L_{13}. Удвоитель частоты имеет полосу пропускания около 2,5 МГц. Напряжение гетеродина на эмиттере транзистора T_{12} должно быть около 0,1 В. Входной контур настраивают на середину диапазона (145 МГц) с подключенной антенной типа «волновой канал». Контур $L_{11}C_{36}$ настраивают на частоту 144,3 МГц, а контур $L_{12}C_{40}$ — на частоту 145,7 МГц. Такая настройка контуров ВЧ и антенны позволяет обеспечить равномерную частотную характеристику тракта ВЧ.

Радиополукомпас. Сигнал с частотой 465 кГц подают на базу транзистора T_{29} и настраивают контур $L_{40}C_{116}$ по максимуму напряжения на выходе. Затем настраивают гетеродин, напряжение которого должно находиться в пределах 0,2—0,3 В..

Конденсатор C_{122} устанавливают в положение максимальной емкости; на базу транзистора T_{29} от сигнал-генератора подают модулированное напряжение 20—30 мкВ с частотой 150 кГц. Вращением сердечника катушки индуктивности L_{42} добиваются наибольшего напряжения на выходе. Затем конденсатор настройки устанавливают в положение минимальной емкости и изменением частоты сигнал-генератора определяют частоту приема в этом положении. Частота приема должна быть около 440 кГц. Если это условие не выполняется, необходимо изменить емкость контурного конденсатора C_{119}. После этого повторяют еще раз все операции по настройке гетеродина в положении максимальной и минимальной емкости конденсатора C_{122}.

Входной контур настраивают так, чтобы перестройка его производилась в пределах 150—440 кГц. Для этого также используют сигнал от ГСС, передаваемый через петлю связи, которую подносят к магнитной антенне.

8. Трехдиапазонный приемник со сменными головками и монолитным общим блоком

Приемник собран по супергетеродинной схеме на 14 транзисторах и одном диоде. Переход с одного диапазона на другой осуществляется заменой головки с соответствующей антенной и контурами. Диапазоны принимаемых частот: 3,45—3,70 МГц, 27,5—30,0 МГц и 143—147 МГц. Промежуточные частоты составляют 465 кГц и 6,5 МГц. Чувствительность приемника в диапазоне 2 м 3 мкВ/м, в диапазоне 10 м 5 мкВ/м и в диапазоне 80 м 10 мкВ/м. Избира-

тельность приемника по соседнему каналу в диапазонах 2 и 10 м при расстройке на ±20 кГц не ниже 15 дБ, в диапазоне 80 м (±10 кГц) не ниже 25 дБ. Избирательность приемника по зеркальному каналу в диапазоне 2 м не ниже 15 дБ, в диапазоне 10 м — не ниже 30 дБ и в диапазоне 80 м — не ниже 20 дБ. Уход частоты первого гетеродина при изменении питающего напряжения на ±10% не более ±30 кГц, ±20 и ±5 кГц — на диапазонах 2, 10 и 80 м соответственно. Глубина регулировки усиления во всех диапазонах не менее 100 дБ. Диапазон принимаемых частот радиополукомпаса

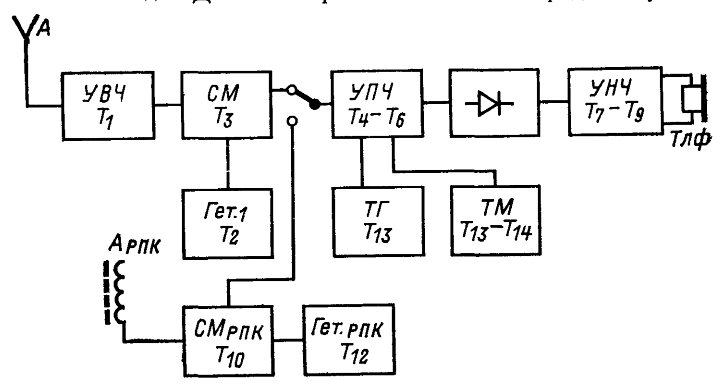


Рис. 34. Структурная схема трехдиапазонного приемника со сменными головками и монолитным общим блоком.

150—450 кГц, чувствительность 50 мкВ/м. Питание приемника осуществляется от аккумулятора 7Д-0,1. Потребляемый ток не более 15 мА.

Приемник занял первое место среди спортивной аппаратуры в конкурсе журнала «Радио» в 1968 г. и отмечен дипломом первой степени на 24-й Всесоюзной выставке творчества радиолюбителей-конструкторов.

Структурная схема приемника (рис. 34). Напряжение сигнала от антенны *А* подается на вход каскада УВЧ, усиливается им и поступает на вход смесителя (СМ); одновременно на смеситель подается напряжение первого гетеродина. С выхода смесителя напряжение сигнала усиливается трехкаскадным УПЧ и поступает на вход амплитудного детектора, в котором амплитудно-модулированный сигнал преобразуется в напряжение звуковой частоты. Напряжение звуковой частоты усиливается двухкаскадным УНЧ, нагрузкой которого являются головные телефоны с сопротивлением постоянному току 130 Ом. Напряжение с переменного резистора R_{12}, подаваемое на эмиттеры транзисторов каскадов УВЧ и УПЧ, обеспечивает необходимую глубину регулировки усиления.

Для облегчения приема немодулированных сигналов имеется тон-модулятор (ТМ) и телеграфный гетеродин (ТГ). Приемник оборудован радиополукомпасом. Сигнал от ферритовой антенны радиополукомпаса $A_{\text{РПК}}$ преобразуется в смесителе $\text{СМ}_{\text{РПК}}$, поступает на вход УПЧ и далее усиливается и преобразуется в тех же каскадах, что и сигнал основного приемника.

Принципиальная схема (рис. 35). Как и в предыдущем приемнике в диапазонах 10 и 80 м применены рамочные антенны, в диапазоне 2 м — антенна типа «волновой канал». В диапазоне 80 м входной контур состоит из рамочной антенны L_{18}, витка связи L_{19} и конденсаторов C_{35}, C_{36}, C_{37}, штыревой антенны A_1, дросселя $Др_1$ и резистора R_{20}. Один конец витка связи заземлен, а с другого сигнал через конденсатор C_{37} поступает на вход УВЧ. Получение диаграммы направленности в виде кардиоиды обеспечивают подбором номиналов дросселя $Др_1$ и резистора R_{20}.

В диапазоне 10 м входной контур состоит из рамочной антенны L_{23}, конденсаторов C_{45}—C_{47}, штыревой антенны A_2, дросселя $Др_2$ и резистора R_{21}. Один конец рамочной антенны по высокой частоте заземлен через конденсатор C_{45}. Сигнал снимается с другого конца антенны через конденсатор C_{47}. С помощью подстроечного конденсатора C_{46} производят настройку антенного контура на среднюю частоту диапазона. Назначение дросселя $Др_2$ и резистора R_{21} аналогично назначению дросселя $Др_1$ и резистора R_{20}.

В диапазоне 2 м входной контур состоит из катушек индуктивности L_{30} и L_{32} и конденсаторов C_{56}, C_{57}. С помощью катушки индуктивности L_{31} контур связан с антенной типа «волновой канал». Настройку входного контура на середину диапазона производят подстроечным конденсатором C_{56}. Связь с усилителем ВЧ осуществляется посредством конденсатора C_{57}.

Усилитель высокой частоты собран по схеме с заземленной базой на транзисторе T_1 (ГТ313 или П411). Входной сигнал поступает на эмиттер транзистора. Нагрузкой УВЧ служит контур, образованный катушкой индуктивности L_{20} (диапазон 80 м), L_{24} (диапазон 10 м) и L_{29} (диапазон 2 м) и конденсаторами C_{38}, C_{39}, C_{48} и C_{49}, C_{58}. Полоса пропускания усилителя высокой частоты на уровне 3 дБ составляет: в диапазоне 80 м 200 кГц, в диапазоне 10 м 1,0 МГц и в диапазоне 2 м 3 МГц. Резисторы R_1 и R_2 задают режим работы усилителя по постоянному току. Конденсатор C_1 и резистор R_2 образуют развязывающий фильтр в цепи питания эмиттера. Резистор R_3 служит для подачи смещения на базу транзистора T_1. Конденсаторы C_3 и C_{83} — блокировочные.

Нагрузкой смесителя, собранного на транзисторе T_3, при работе в диапазоне 80 м служит ФСС, состоящий из катушек индуктивности L_{22}, L_1, L_2 и конденсаторов C_{44}, C_8, C_9, в диапазонах 10 и 2 м соответственно L_4, L_{26}, C_{12}, C_{13}, C_{54}, C_{55} и L_4, L_{27}, C_{12}, C_{13}, C_{63}, C_{64}. Напряжение ВЧ подается на эмиттер транзистора T_3 через конденсаторы C_6 и C_{81}, которые одновременно являются блокировочными. Резистор R_6 обеспечивает режим работы транзистора по постоянному току, резистор R_3 задает смещение в цепь базы. Включение конденсатора C_{81} позволяет уменьшить влияние собственной индуктивности конденсатора C_6.

Первый гетеродин собран по схеме с заземленной базой на транзисторе T_2. Напряжение обратной связи поступает в цепь эмиттера через конденсаторы C_{41} (80 м), C_{51} (10 м), C_{60} (2 м). Напряжение на смеситель снимается с части витков контура гетеродина.

Усилитель промежуточной частоты собран на транзисторах T_4, T_5, T_6 (П414Б) по схеме с заземленной базой. Нагрузкой каскадов служат последовательно включенные контуры, настроенные на промежуточные частоты 465 кГц и 6,5 МГц.

Детектор выполнен на кремниевом диоде типа Д106. Особенностью схемы детектора является то, что он работает в двух ре-

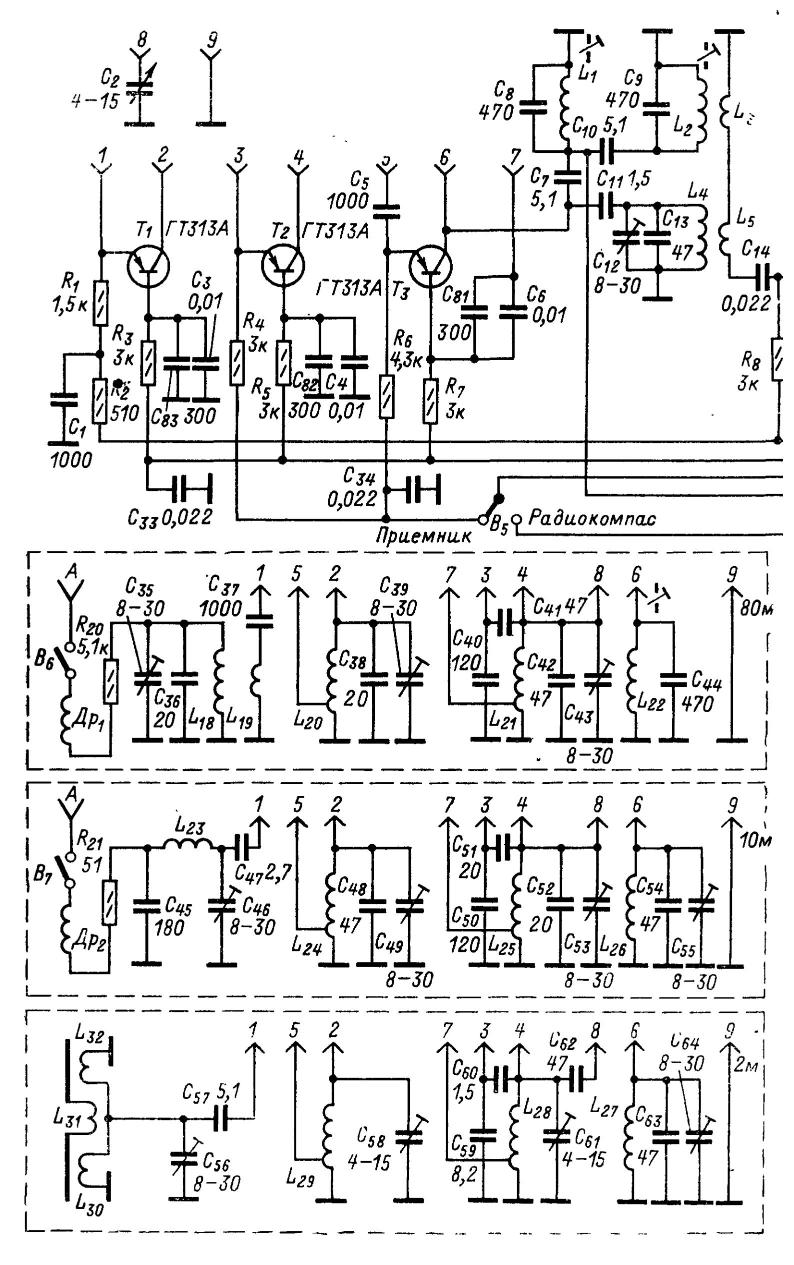


Рис. 35. Принципиальная

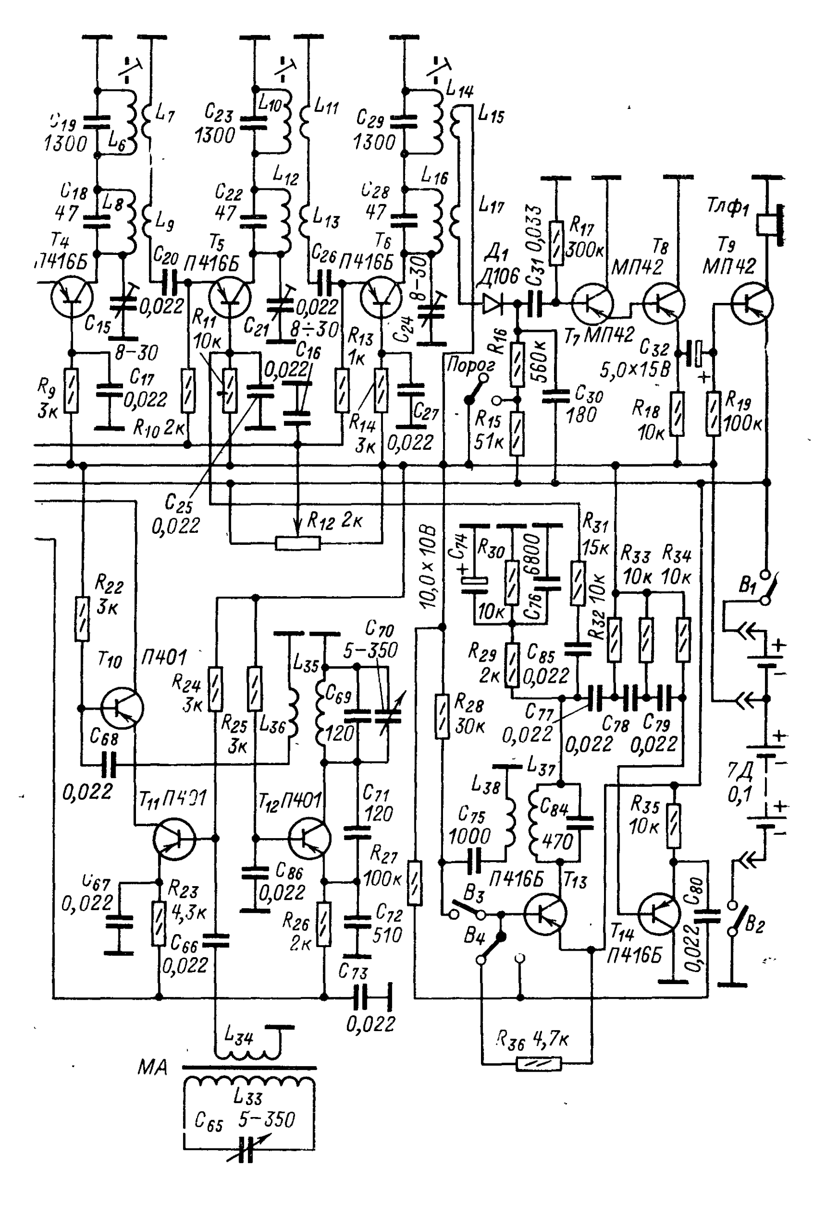


схема приемника.

жимах. В режиме линейного детектирования для смещения рабочей точки в прямом направлении на величину напряжения отсечки вольт-амперной характеристики подается постоянное напряжение смещения 1,25 В. Режим нелинейного детектирования, перевод в который осуществляется снятием напряжения смещения с диода, используют для облегчения «ближнего поиска» за счет обострения диаграммы направленности антенны, особенно в диапазоне 2 м, а также для увеличения глубины регулировки усиления.

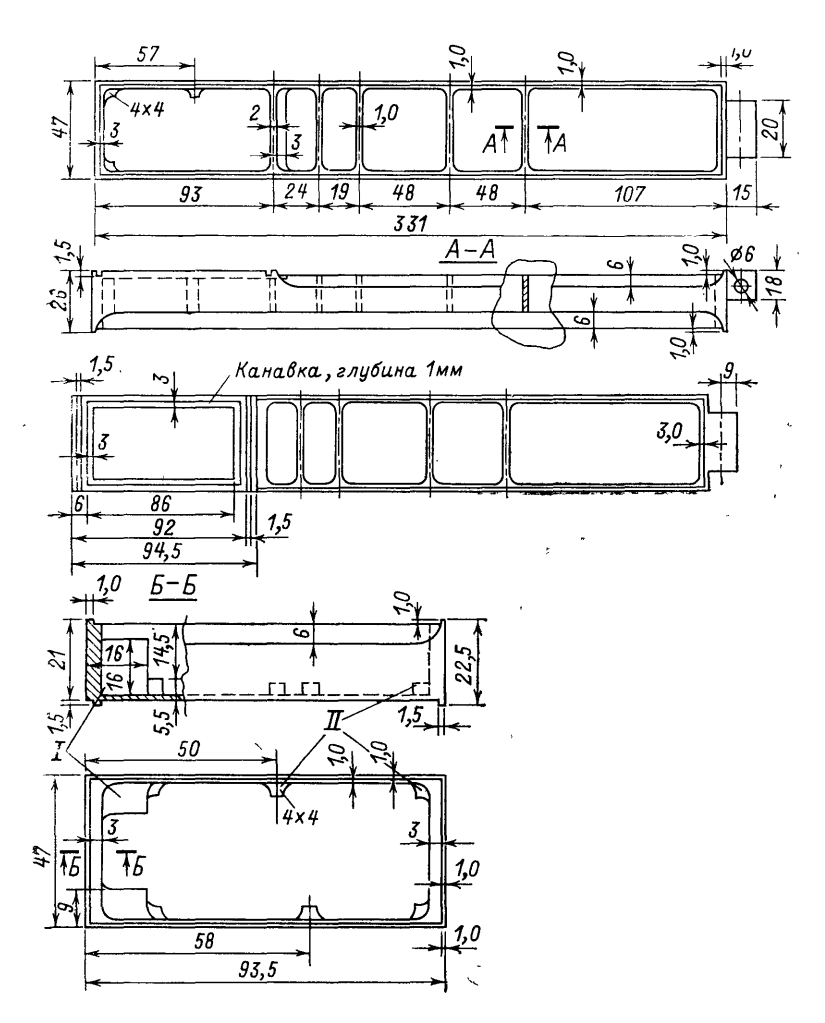


Рис. 36. Чертежи основного корпуса и корпуса головок приемника.

Усилитель низкой частоты двухкаскадный, выполнен на транзисторах T_7—T_9 (П16). Первый каскад собран на составном транзисторе T_7T_8, что обеспечивает повышенное входное сопротивление.

Тональный модулятор и телеграфный гетеродин собраны на двух транзисторах T_{13} и T_{14} (П414Б). Переход из одного режима в другой осуществляется при помощи переключателей B_3 и B_4.

Гетеродин радиополукомпаса собран по схеме с заземленной базой на транзисторе T_{12} типа П401. Напряжение обратной связи поступает в цепь эмиттера транзистора через конденсатор связи C_{71}. Режим гетеродина по постоянному току задается резистором R_{26}. Смеситель радиополукомпаса собран по каскодной схеме на транзисторах T_{10} и T_{11}.

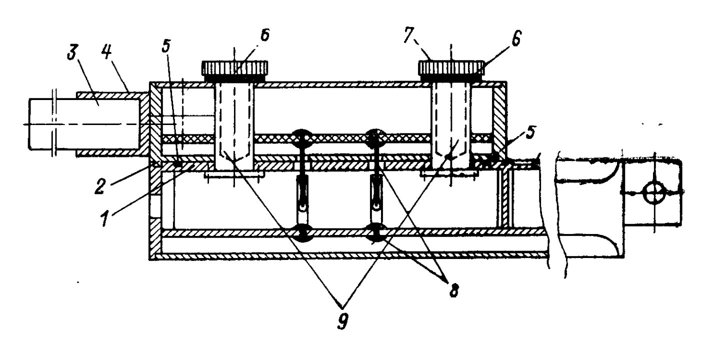


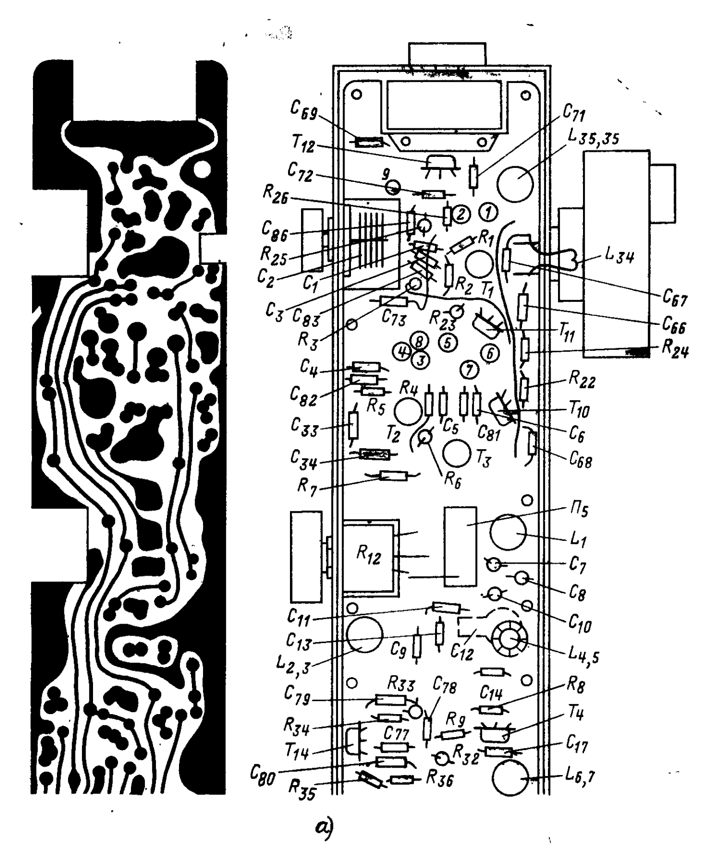
Рис. 37. Детали и способ крепления головок к основному блоку.

Конструкция и детали. Основной корпус приемника и корпусы съемных головок изготовлены из дюралюминия (рис. 36); крышки имеют толщину 1 мм.

Основные детали и способ крепления головок к основному корпусу показаны на рис. 37. Крепление головок производят с помощью двух втулок *9*, установленных на основном корпусе *1*, и двух винтов с накаткой *7* для удобства замены. Для более точной фиксации и увеличения жесткости на корпусе головок имеются два выступа *2*, входящие в соответствующие пазы приемника. Между крепежными винтами и крышкой устанавливают фторопластовые шайбы *6*. Электрический контакт осуществляется с помощью штырьков и гнезд от разъемов типа ШРМ. Штырьки *8* устанавливают на платах основного корпуса и корпуса головок и распаивают с двух сторон. При изготовлении разъемов отверстия под них должны высверливаться со стороны корпуса при присоединенной головке одним проходом сверла. Предварительно в головках и корпусе должны быть закреплены платы. Для упрощения работы можно сделать шаблон соответствующих размеров, просверлить в нем отверстия и закрепить в основном блоке. Вначале все отверстия просверливают сверлом диаметром 2 мм, затем отверстия в стенках корпуса и головок доводят до 4 мм. Для предохранения приемника от попадания влаги на корпусе фрезеруют паз, в который вклеивают резиновую прокладку *5*. Несущая штанга *3* антенны «волновой канал» закреплена во втулке *4*.

Монтажная плата и расположение на ней основных деталей показаны на рис. 38. Плату выполняют из фольгированного стеклотекстолита по внутреннему размеру приемника и головок. Платы крепят к выступам с помощью винтов М2. Монтаж деталей односторонний; со стороны печати располагают только подстроечные конденсаторы. Катушки на кольцах крепят с помощью винтов М2 и тонких шайб из фторопласта, катушки на сердечниках СБ-12 приклеивают клеем БФ-2. Для большей прочности сердечники укрепляют с помощью пружинящих держателей, изготовленных из тонкой фосфористой бронзы (0,1 мм). Концы держателя распаивают с обратной стороны платы. Способ крепления колец и сердечников типа СБ показан на рис. 39,*а*, *б*.

В приемнике применены малогабаритные детали: конденсаторы типов КЛС, КМ, КТ, К50-6, КПКМ и др., резисторы типа УЛМ-0,125, МЛТ-0,125, МЛТ-0,25. В качестве переменного конденсатора C_2 использован конденсатор типа КПВМ-3. Включение приемника про-

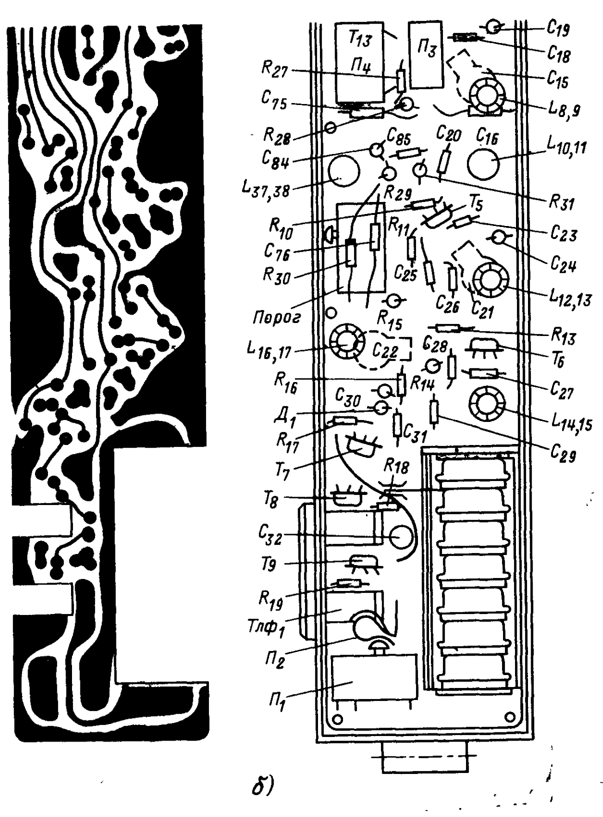


а)

Рис. 38. Монтажные платы приемника (*а*

изводится при подключении телефонов. При этом одновременно подается и смещение на базы транзисторов (выключатель B_1). Принцип работы выключателя питания поясняется на рис. 39,*в*. При небольшом увеличении размеров корпуса для этой цели можно поставить один спаренный выключатель. Переключатели режимов работы приемника использованы типа МП1-1. Движок выключателя тон-генератора и ограничителя изготовляют из фторопласта. Форма и размеры его приведены на рис. 39,*г*. Катушки индуктивности намотаны на сердечниках типа СБ-12а и кольцах, изготовленных из сердечников СБ-23-11а. Моточные данные катушек приведены в табл. 3.

Электрические экраны рамочных антенн для диапазонов 10 и 80 м изготовлены из дюралюминиевой трубки диаметром 12 и 8 мм соответственно. В качестве штыревой антенны использована стальная лента от рулеток. Подключение штыревой антенны осуществляется поворотом стержня, на конце которого припаяна полоска из



б)

и расположение деталей на ней (*б*).

Таблица 3

Обозначение по схем	Число витков	Провод	Тип намотки	Тип сердечника или каркас
L_1	3×33	ЛЭ 5×0,05	Внавал	СБ-9а
L_2	3×33	ЛЭ 5×0,05	»	СБ-9а
L_3	2	ПЭ 0,14	Рядовая	СБ-9а
L_4	60	ПЭЛШО 0,12	»	Кольцо из СБ-23-11а
L_5	2	ПЭ 0,14	»	То же
L_6	21+21+22	ПЭ 0,13	Внавал	СБ-12а
L_7	2	ПЭ 0,14	Рядовая	СБ-12а
L_8	55	ПЭЛШО 0,12	»	Кольцо из СБ-23-11а
L_9	2	ПЭ 0,14	»	То же
L_{10}	2+21+22	ПЭ 0,13	Внавал	СБ-12а
L_{11}	2	ПЭ 0,14	Рядовая	СБ-12а
L_{12}	55	ПЭЛШО 0,12	»	Кольцо из СБ-23-11а
L_{13}	2	ПЭ 0,14	»	То же
L_{14}	3×32	ПЭ 0,13	Внавал	СБ-12а
L_{15}	3×5	ПЭЛШО 0,12	Рядовая	СБ-12а
L_{16}	57	ПЭ 0,13	»	Кольцо из СБ-23-11а
L_{17}	57	ПЭЛШО 0,12	»	То же
L_{18}	6	ЛЭШО 7×0,07	Внавал	Рамочная антенна 80 м
L_{19}	1	ПМВ 0,7	»	То же
L_{20}	3×15	ПЭ 0,20	»	СБ-12а
L_{21}	3×10	ПЭ 0,20	»	СБ-12а
L_{22}	3×33	ЛЭ 5×0,05	»	СБ-9а
L_{23}	1	Посеребренный, ⌀ 1 мм	—	Рамочная антенна 10 м
L_{24}	12, отвод от 2-го витка	ПЭ 0,41	Рядовая	Кольцо из СБ-23-11а
L_{25}	15, отвод от 0,5-го витка	Посеребренный, ⌀ 0,8 мм	Наружный диаметр 7 мм, шаг 1 мм	Бескаркасная
L_{26}	57	ПЭЛШО 0,12	Рядовая	Кольцо из СБ-23-11а
L_{27}	57	ПЭЛШО 0,12	То же	То же
L_{28}	4, отвод от 0,5-го витка	Посеребренный, ⌀ 0,8 мм	Наружный диаметр 7 мм, шаг 2 мм	Бескаркасная
L_{29}	5, отвод от 0,5-го витка	Посеребренный, ⌀ 0,8 мм	То же	»
L_{30}	5	Посеребренный, ⌀ 0,8 мм	» »	»
L_{31}	5	Посеребренный, ⌀ 0,8 мм	» »	»
L_{32}	2	Посеребренный, ⌀ 0,8 мм	» »	»

Продолжение табл. 3

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Тип намотки	Тип сердечника или каркас
L_{33}	10×30	ПЭЛШО 0,12	Внавал	Ферритовый стержень 600НН, ⌀ 8 мм
L_{34}	3×15	ПЭ 0,2	»	На L_{33}
L_{35}	3×25	ПЭЛШО 0,12	»	СБ-12а
L_{36}	2	ПЭ 0,2	»	СБ-12а
L_{37}	3×33	ПЭ 0,13	»	СБ-9а
L_{38}	7	ПЭ 0,14	»	СБ-9а
$Др_1$	3×7	ПЭ 0,14	»	СБ-12а
$Др_2$	20	ПЭЛШО 0,12	»	Кольцо из СБ-23-11а

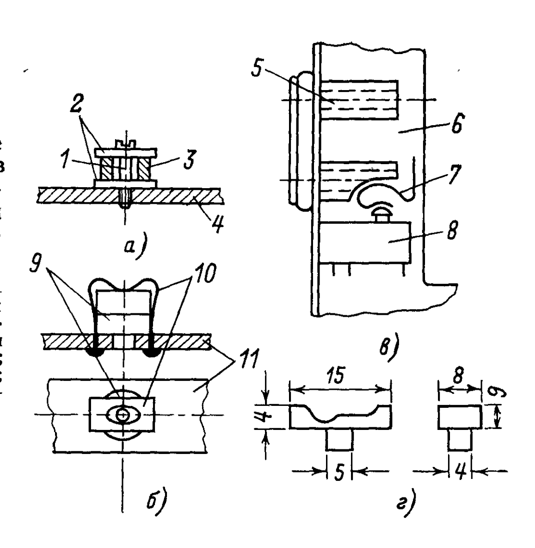


Рис. 39. Крепление сердечников контуров (*а*, *б*), устройство выключателя питания (*в*) и движка переключателей режимов работы (*г*).

1 — винт; *2* — тефлоновая шайба; *3* — кольцо; *4* — плата; *5* — гнездо для подключения телефона; *5* — плата; *7* — пружина; *8* — переключатель; *9* — сердечник; *10* — пружина; *11* — плата.

фосфористой бронзы. Соединение штыря с поворотным стержнем осуществляется посредством переходных пружинных щечек из фосфористой бронзы, припаянных к ленте снизу.

Антенна диапазона 2 м имеет четыре элемента. Рефлектор антенны укреплен на корпусе приемника, директоры — на штанге (см. рис. 37), выполненной из прессшпановой трубки с наружным диаметром 16 мм. Трубка укреплена в наконечнике *4*, который с помощью винтов М2 прикреплен к передней стенке съемной головки. Активный элемент установлен на боковых стенках головки с помощью тефлоновых фторопластовых изолирующих втулок.

Антенны радиополукомпаса и конденсатора C_{65} заключены в круглую дюралюминиевую коробку с пластмассовой крышкой и укреплены на вращающемся разъеме в передней части приемника.

Соединение выходного контура с приемником осуществляют с помощью гибкого многожильного провода в полихлорвиниловой изоляции. Для предохранения этого соединения от перекручивания и разрыва угол поворота антенной головки ограничен до 300°.

Налаживание приемника. После проверки приемника на отсутствие коротких замыканий приступают к настройке УНЧ. На базу транзистора T_7 подают сигнал напряжением 5 мВ и частотой 1 кГц. При этом напряжение на головных телефонах должно быть не менее 100 мВ. При недостаточном усилении подбирают режим транзистора T_9 изменением сопротивления резистора R_{19} (при этом ток коллектора транзистора T_9 не должен превышать 2 мА). Изменение режимов работы транзисторов T_7 и T_8 производят резистором R_{17}, сопротивление которого должно быть не менее 300 кОм. Порог ограничения выходного тока УНЧ должен быть на уровне 1 В.

Для проверки работы детектора генератор НЧ отключают от приемника. От генератора Г4-1А, настроенного на промежуточную частоту 465 кГц или 6,5 МГц через разделительный конденсатор емкостью 0,1 мкФ, подают сигнал напряжением 50 мВ (модуляция 70% с частотой 1000 Гц) на коллектор транзистора T_6. При этом милливольтметр, подключенный к выходу приемника, должен показать напряжение не менее 50 мВ при отключенном «пороге». Если теперь включить «порог», то стрелка милливольтметра должна отклониться примерно до нуля. В противном случае необходимо проверить резисторы R_{15}, R_{16} и диод $Д_1$.

Настройку контуров ПЧ начинают с контура $L_{16}C_{28}$, катушку связи L_{13} на время настройки отключают. Сигнал от генератора с частотой 6,5 МГц и напряжением около 200 мкВ подают на эмиттер транзистора T_6. При этом конденсатор C_{24} должен находиться примерно в среднем положении. Момент настройки контура $L_{16}C_{28}$ на промежуточную частоту определяют по максимуму сигнала на экране осциллографа (или по максимальному показанию милливольтметра) изменением частоты генератора. Затем с помощью подстроечного конденсатора C_{24} контур настраивают на частоту 6,5 МГц. Если при этом конденсатор C_{24} оказывается в одном из крайних положений, то изменяют число витков катушки L_{16} или емкость конденсатора C_{28}. При установке конденсатора C_{24} в положение максимальной емкости к катушке L_{16} добавляют несколько витков или увеличивают емкость конденсатора C_{28}. При установке конденсатора C_{24} в положение минимальной емкости, наоборот, уменьшают число витков катушки L_{16} или уменьшают емкость конденсатора C_{28}. Для того чтобы в будущем иметь возможность подстройки контура в процессе эксплуатации, желательно добиться резонанса контура $L_{16}C_{28}$ на частоте 6,5 МГц при среднем положении конденсатора C_{24}. После окончания настройки каскада при указанном выше напряжении от генератора напряжение на выходе приемника должно быть около 100 мВ.

Затем настраивают контур $L_{14}C_{29}$ на частоту 465 кГц. Сигнал с генератора частотой 465 кГц и напряжением до 100 мкВ подают, как и раньше, на эмиттер транзистора T_6. Контур $L_{11}C_{29}$ настраивают в резонанс с помощью подстроечного сердечника по максимуму сигнала на выходе приемника. Если катушка контура имеет резонанс на частотах, отличающихся от промежуточной, и если с помощью подстроечного сердечника не удается настроить контур на частоту 465 кГц, то при более высокой частоте резонанса добавляют несколько витков, а при частотах резонанса, меньших

465 кГц, отматывают несколько витков. В небольших пределах можно изменять и емкость конденсатора C_{29}.

Метод настройки контуров $L_{10}C_{23}$, $L_{12}C_{22}$ и L_6C_{19}, L_8C_{18} аналогичен описанному выше. При правильно настроенных контурах и подобранных режимах работы транзисторов напряжение на выходе приемника, равное 100 мВ, должно быть при подаче на эмиттер транзистора T_5 30 мкВ на частоте 6,5 МГц или 15 мкВ на частоте 465 кГц. Соответствующие напряжения на эмиттере транзистора T_4 равны 10 и 5 мкВ.

Для настройки тонального генератора резистор R_{27} заменяют переменным с сопротивлением 0,5—1,0 МОм, последовательно с которым включают резистор сопротивлением 10—20 кОм. К базе транзистора T_5 подключают осциллограф. Вращением ручки резистора добиваются устойчивой генерации и наименьших искажений синусоиды, наблюдаемой на экране осциллографа. Изменением сопротивления резистора R_{31} подбирают амплитуду напряжения низкой частоты на базе транзистора T_5, которая должна быть в пределах 0,5—0,6 В.

Налаживание телеграфного генератора заключается в настройке его на частоту, близкую к промежуточной (465 кГц). Для этого на вход транзистора T_5 подают сигнал с частотой 465 кГц и вращением сердечника катушки L_{35} добиваются появления на выходе приемника сигнала звуковой частоты. При отсутствии генерации после проверки режима работы транзистора T_{13} следует поменять местами концы катушки обратной связи L_{38}.

Настройку высокочастотных сменных головок производят последовательно для диапазонов 80, 10 и 2 м.

Диапазон 80 м. Настройку начинают с фильтра сосредоточенной селекции L_1C_8, L_2C_9, $L_{22}C_{44}$. Для этого закорачивают контур гетеродина L_{21}, C_{42}, отключают катушку связи от гнезда *5* (рис. 39) в головке; к последнему подключают генератор сигнала. Метод настройки ФСС описан выше. Контуры настраиваются в последовательности L_2C_9, L_1C_8, $L_{22}C_{44}$.

Для настройки гетеродина снимают перемычку с контура $L_{21}C_{42}$, а к гнезду *7* съемной головки подключают ламповый вольтметр. Резистором R_4 устанавливают напряжение гетеродина до 0,2—0,3 В. Перестраивая ГСС, определяют верхнюю и нижнюю частоты приема. В качестве рабочей выбирают частоту с меньшим значением. Затем конденсатор C_2 и подстроечный сердечник катушки L_{21} устанавливают в среднее положение, а генератор сигналов — на частоту 3,75 МГц. Вращением подстроечного конденсатора C_{43} и сердечника L_{21} добиваются настройки приемника на частоту сигнала. При необходимости изменяют емкость конденсатора C_{42} и повторяют настройку.

Пределы перекрытия диапазона принимаемых частот регулируют изменением индуктивности катушки L_{21} и емкости конденсатора C_{42}.

Для настройки каскада ВЧ к гнезду *5* подсоединяют катушку связи, от гнезда *7* отсоединяют конденсатор C_{37} и подключают генератор. Вращением подстроечного сердечника катушки L_{20} и конденсатора C_{39} настраивают контур $L_{20}C_{38}$ на частоту 3,75 МГц по максимальному показанию милливольтметра на выходе. Затем сигнал с генератора уменьшают до минимально различимого по шкале милливольтметра на фоне шумов и с помощью резистора R_6 добиваются наилучшего отношения сигнал/шум на выходе приемника. При этом сигнал с ГСС не должен превышать 1 мкВ, напря-

жение шумов на выходе должно быть не более 10мВ (напряжение сигнала на выходе 30 мВ).

Для проверки глубины регулировки усиления резистор R_{12} устанавливают в положение минимальной чувствительности, а сигнал с ГСС увеличивают до тех пор, пока на выходе приемника напряжение не достигнет 30 мВ. Увеличение сигнала на входе должно быть не менее чем в 100 000 раз.

Затем подключают конденсатор C_{37} и с помощью конденсатора C_{35} настраивают рамку на частоту 3,57 МГц по максимальному сигналу на выходе при отключенной штыревой антенне (генератор сигнала следует нагрузить на измерительную рамку).

Диапазон 10 м. Устанавливают головку диапазона 10 м и закорачивают контур гетеродина $L_{25}C_{52}$. От гнезда *5* отключают отвод катушки L_{24} и вместо него подключают генератор. Последний настраивают на частоту 6,5 МГц и изменением емкости конденсатора C_{12} и C_{55} добиваются максимальных показаний на выходе приемника. В этот момент возрастает вероятность возбуждения всего тракта ПЧ, которое легко может быть устранено описанным выше способом. Затем снимают перемычку с контура гетеродина, к гнезду *5* подключают генератор УКВ диапазона, а к гнезду, имеющему пружину *7* — ламповый вольтметр. Перестройкой генератора в диапазоне 20—40 МГц находят две частоты приема. На этом диапазоне частота гетеродина также выше частоты принимаемого сигнала, поэтому рабочей является нижняя частота.

Конденсатор C_2 устанавливают в среднее положение, а генератор сигнала — на среднюю частоту диапазона 28,7 МГц. Вращением подстроечного конденсатора C_{53} приемник настраивают на эту частоту. Напряжение гетеродина *7* должно быть в пределах 0,1—0,15 В; его подбирают изменением отвода на катушке L_{25}. Генератор переключают на базу транзистора каскада УВЧ и контур $L_{24}C_{48}$ настраивают на частоту 28,7 МГц. Вращая ротор конденсатора C_2, убеждаются, что приемник перекрывает требуемый диапазон частот. В противном случае этого добиваются изменением индуктивности катушки L_{25} и емкости конденсатора C_{52}. Подключив к генератору кусок провода, настраивают рамку приемника на частоту 28,7 МГц.

Диапазон 2 м. Настройку контура $L_{27}C_{63}$ на частоту 6,5 МГц производят тем же способом, что и на диапазоне 10 м. За рабочую частоту на этом диапазоне принимают верхнюю частоту. Напряжение гетеродина на контакте *7* должно быть около 0,1 В. Контур УВЧ настраивают на середину диапазона (145 МГц). Входной контур L_{30}, L_{32}, C_{56} также настраивают на частоту 145 МГц при подключенной антенне «волновой канал».

Радиополукомпас. Настройку радиополукомпаса начинают с проверки работы гетеродина; при этом переключатель B_5 переводят в положение РПК. Если гетеродин возбуждается, то вольтметр, подключенный к базе транзистора T_{10}, покажет наличие напряжения высокой частоты. Амплитуда колебаний должна находиться в пределах 0,2—0,3 В, а устанавливают ее изменением сопротивления резистора R_{26}. Затем конденсатор настройки C_{70} устанавливают в положение максимальной емкости, на базу транзистора T_{11} от сигнал-генератора подают модулированное напряжение около 5 мкВ с частотой 150 кГц, а к выходу приемника подключают милливольтметр. Вращением сердечника L_{35} добиваются наибольшего напряжения на выходе приемника. Если изменения положения сер-

дечника L_{35} недостаточно для настройки на частоту 150 кГц, то вначале изменением частоты сигнал-генератора определяют, в какую сторону смещена собственная частота контура гетеродина. Затем увеличивают число витков катушки L_{35} (если частота выше) или уменьшают (если частота ниже). Установку максимальной частоты приема производят изменением емкости контурного конденсатора C_{69}. Входной контур настраивают так, чтобы его перестройка производилась в пределах 150—450 кГц.

9. Трехдиапазонный приемник с ЭМФ и двойным преобразованием частоты

Приемник удовлетворяет требованиям, которые предъявляются к современной аппаратуре радиоспортсменов. Приемник построен по супергетеродинной схеме и имеет ряд конструктивных особенностей. Структурная схема приемника показана на рис. 40. Конструктивно приемник выполнен со сменными головками и монолитным общим блоком и работает в следующих диапазонах: 3,45—3,8 МГц, 27,7—30,0 МГц и 143—147 МГц. Переход с диапазона на диапазон осуществляется заменой головок. В приемнике имеется ряд вспомогательных устройств, облегчающих поиск «лис»: радиополукомпас, тональный генератор с переменным тоном и телеграфный гетеродин. Кроме того, предусмотрена возможность переключения полос пропускания (узкая, широкая).

Полосы пропускания в диапазоне 80 м составляют 3 и 10 кГц, в диапазоне 10 м 15 и 75 кГц, в диапазоне 2 м 15 и 100 кГц. Чувствительность приемника не ниже 10 мкВ/м в любом диапазоне. Глубина регулировки усиления 100 дБ. Динамический диапазон не менее 40 дБ.

В диапазонах 10 и 80 м используется рамочная антенна в сочетании со штыревой, в диапазоне 2 м — трехэлементная антенна типа «волновой канал».

Питание радиоприемника осуществляется от шести аккумуляторов типа ЦНК-0,45. Максимальный потребляемый ток не более 25 мА.

В диапазоне 80 м сигнал от антенного устройства A_1 поступает на вход УВЧ и затем на смеситель, на который одновременно подается напряжение гетеродина. В смесителе напряжение ВЧ преобразуется в напряжение ПЧ. На выходе смесителя путем поочередного подключения колебательного контура или электромеханического фильтра ЭМФ можно менять полосу пропускания приемника.

Входное устройство на диапазонах 10 и 2 м аналогично входному устройству диапазона 80 м. Здесь также предусмотрена возможность изменения полосы пропускания приемника. Для сужения полосы УПЧ приемник переводится в режим двойного преобразования частоты. Преобразованное смесителем СМ напряжение сигнала ПЧ поступает на усилитель-смеситель. Для получения широкополосного сигнала данный каскад используют в режиме усиления на частоте 4,5 МГц. При подключении к усилителю-смесителю гетеродина с частотой 4 МГц на данный каскад одновременно поступают напряжение с промежуточной частотой 4,5 МГц и напряжение гетеродина с частотой 4 МГц. В этом режиме вторая промежуточная частота равна 500 кГц, а полоса пропускания УПЧ определяется полосой пропускания ЭМФ.

Далее напряжение с частотой 500 кГц или 4,5 МГц поступает в общий блок и усиливается двухкаскадным УПЧ, затем детек-

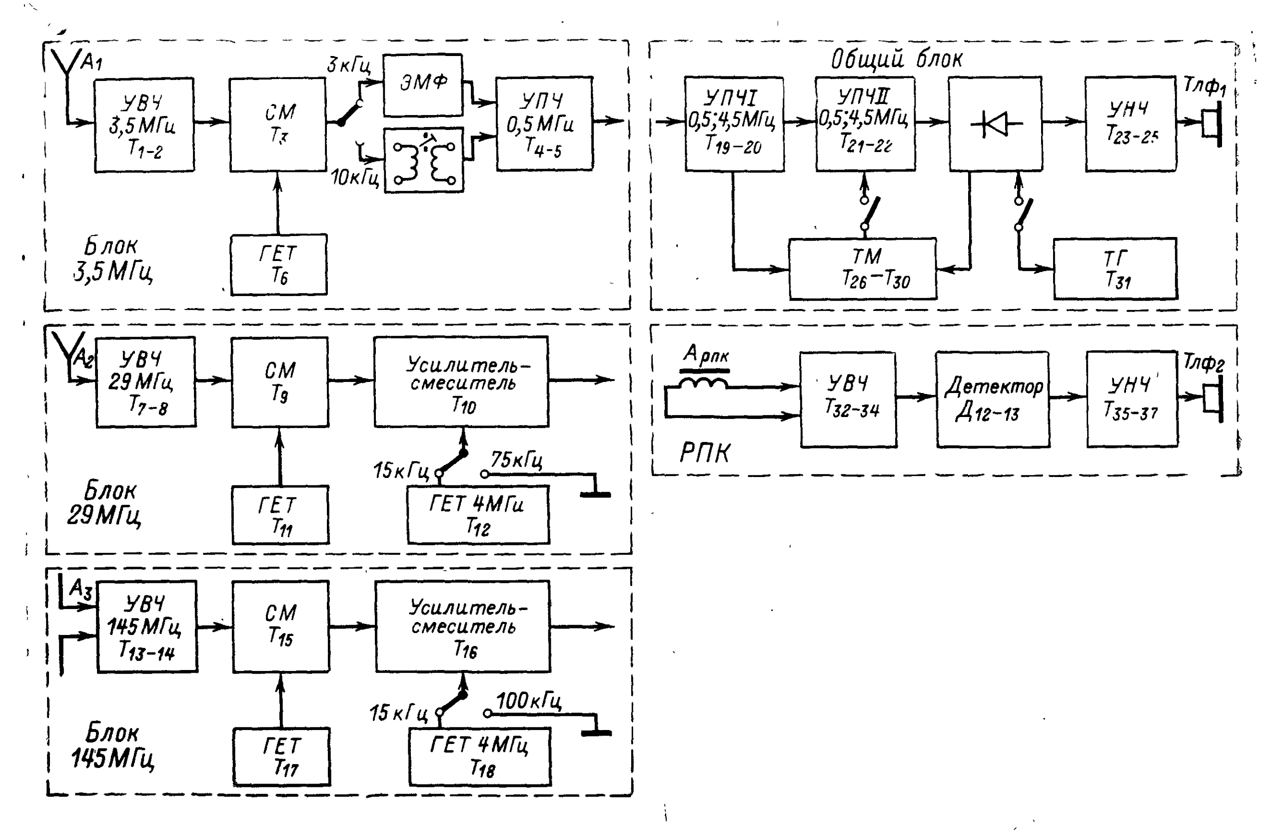


Рис. 40. Структурная схема трехдиапазонного приемника с ЭМФ и двойным преобразованием частоты.

гируется амплитудным детектором, преобразуясь в напряжение звуковой частоты. Последнее усиливается двухкаскадным УНЧ.

Для обеспечения приема слабых немодулированных сигналов служит телеграфный гетеродин *ТГ*. В приемнике имеется тональный модулятор ТМ с тоном переменной частоты. Одновременно с изменением громкости принимаемого сигнала в модуляторе изменяется и частота тона. Это свойство модулятора позволяет более точно определять направление на передатчик в процессе пеленгования из-за более высокой чувствительности слуха к изменению тона звуковых сигналов, по сравнению с изменением их громкости.

Конструкция содержит радиополукомпас РПК, собранный по схеме прямого усиления и включающий в себя магнитную антенну $A_{РПК}$, двухкаскадный УВЧ, детектор и двухкаскадный УНЧ. Применение в радиополукомпасе полевых транзисторов позволило значительно упростить конструкцию и повысить чувствительность приемника.

Принципиальная схема. При разработке данной конструкции особое внимание было обращено на получение высокой чувствительности радиоприемника. Добиться уменьшения собственных шумов приемника на диапазоне 80 м удалось за счет включения УВЧ по каскодной схеме на транзисторах T_1 и T_2, работающих при пониженных токах коллекторов (рис. 41).

Входной контур состоит из рамочной антенны A_2, конденсаторов C_1 и C_2, с помощью которых входной контур настраивается на частоту 3,575 МГц. Подбором сопротивления резистора R_1 и индуктивности катушки L_1 добиваются согласования штыревой антенны A_1 с рамочной A_2 для получения однонаправленного приема.

Нагрузкой УВЧ является ФСС, включающий в себя контуры L_3C_7 и L_4C_8. Правильно настроенный ФСС и входной контур обеспечивают равномерное усиление приемника в диапазоне частот 3,5—3,65 МГц и необходимую избирательность по зеркальному каналу.

Усиленное напряжение ВЧ сигнала с катушки связи L_5 через конденсатор C_{10} подается на эмиттер смесителя T_3.

Гетеродин собран по схеме с общей базой на транзисторе T_6. Напряжение от гетеродина непосредственно с катушки L_{11} поступает в цепь базы смесителя.

Нагрузкой преобразователя частоты служит ЭМФ или колебательный контур L_6C_{12}. Электромеханический фильтр не только сужает полосу пропускания, но и обеспечивает высокую избирательность по соседнему каналу, что особенно важно при приеме в условиях сильных помех. Ввиду того что ЭМФ имеет согласующие элементы, необходимость включения дополнительного контура для согласования выхода преобразователя частоты со входом усилителя промежуточной частоты отпадает. Для настройки входа и выхода фильтра на промежуточную частоту служат конденсаторы C_{13} и C_{15}.

Для выравнивания коэффициента усиления УПЧ в режиме узкой и широкой полос применена схема усилительного каскада на транзисторах T_4 и T_5, работающих на общую нагрузку. Сигнал с ЭМФ подается в цепь базы одного транзистора, а сигнал с контура L_6C_{12} в цепь базы второго. Выравнивание коэффициента усиления УПЧ обеспечивается подбором транзисторов T_4, T_5 с различными коэффициентами усиления. Кроме того, схема усилителя позволяет обойтись без дополнительного переключателя.

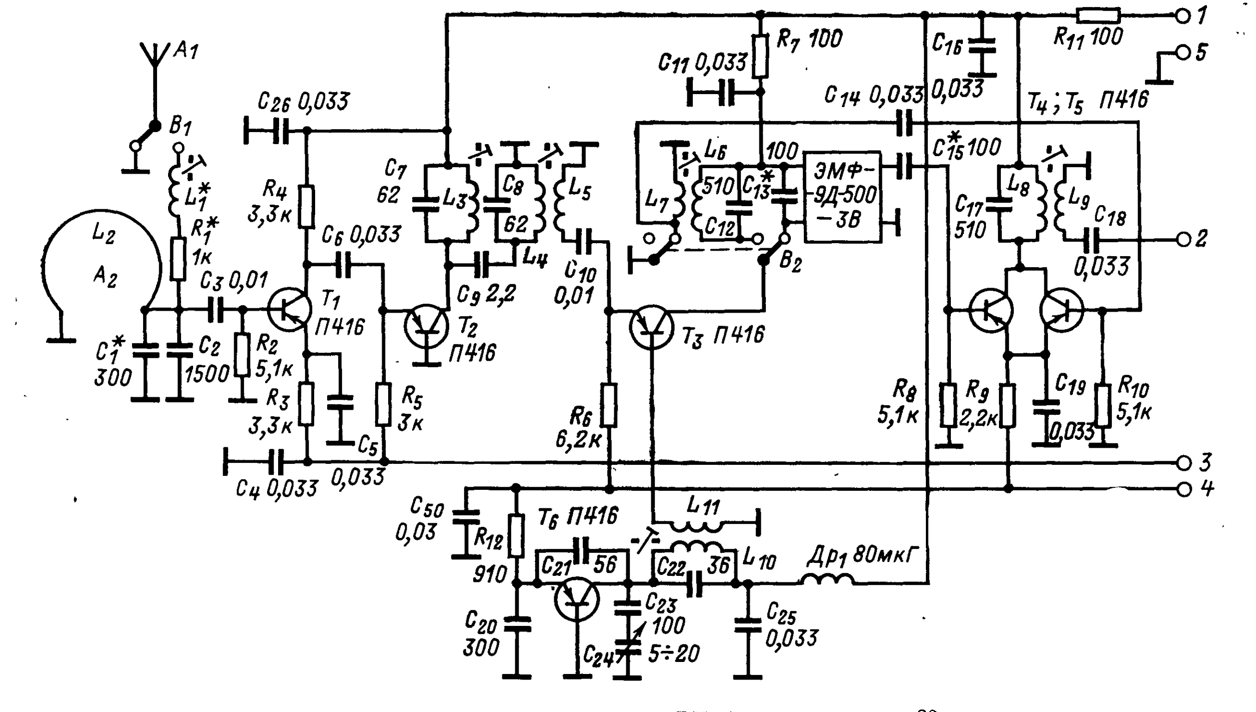


Рис. 41. Принципиальная схема ВЧ блока диапазона 80 м.

Напряжение ПЧ, выделенное контуром L_8C_{17}, снимается с катушки связи L_9 и через конденсатор C_{18} подается в общий блок приемника для дальнейшего усиления.

Высокочастотный тракт приемника для диапазонов 10 и 2 м несколько отличается от описанного выше. Основное отличие заключается в способе получения узкой и широкой полос. Известно, что наиболее эффективным способом повышения избирательности приемника является применение кварцевых фильтров. Однако это не всегда доступно. В данном приемнике применено простое и достаточно эффективное решение, позволяющее получить узкую полосу.

Усилитель высокой частоты диапазона 10 м (рис. 42) собран на транзисторах T_7, T_8 по схеме с общей базой. Входной контур $L_{13}C_{27}$ аналогичен контуру L_2C_2. С помощью подстроечного конденсатора C_{27} контур настраивают на частоту 29 МГц. Назначение катушки индуктивности L_{12} и резистора R_{14} подобно L_1 и R_1.

Нагрузкой усилителя служат контуры $L_{14}C_{29}$ и $L_{16}C_{32}$, настроенные соответственно на частоты 28,6 и 29,4 МГц. Связь между каскадами индуктивная с помощью катушки L_{15} и конденсатора C_{31}. Усиленное напряжение сигнала поступает на эмиттер смесителя T_9. Напряжение гетеродина с катушки связи L_{25} подается в цепь базы транзистора смесителя. Гетеродин собран по схеме с общей базой. Напряжение ПЧ с частотой 4,5 МГц, выделенное на контуре $L_{18}C_{35}$, снимается с катушки связи L_{25} и через конденсатор C_{37} поступает на эмиттер усилителя-смесителя (транзистор T_{10}).

Для получения широкополосного сигнала переключателем B_4 отключают напряжение питания гетеродина и размыкают катушку L_{20}, а переключателем B_6 — катушку L_{48}. Транзистор T_{10} в данном случае работает в режиме усиления. Усиленное напряжение сигнала с частотой 4,5 МГц снимается с катушки связи L_{21}. Дальнейшее усиление сигнала происходит в общем блоке.

Переход с широкой полосы на узкую осуществляется путем подачи напряжения питания на эмиттер транзистора T_{12}. Контур $L_{20}C_{38}$ при этом закорачивается переключателем B_4, чтобы уменьшить попадание напряжения с частотой гетеродина в общий блок УПЧ. Кроме того, в общем блоке переключателем B_6 замыкают контур $L_{48}C_{92}$. Напряжение гетеродина поступает в цепь базы транзистора T_{10}. В результате преобразования в нагрузке $L_{22}C_{39}$ выделяется напряжение с частотой 500 кГц, полоса пропускания тракта 15 кГц.

Напряжение ПЧ с частотой 4,5 МГц или 500 кГц через конденсаторы C_{41} и C_{82} поступает на эмиттер транзистора T_{19}.

Входная цепь приемника в диапазоне 2 м (рис. 43) состоит из контура $L_{28}C_{55}$, настроенного на середину диапазона и подключенного через катушку связи L_{29} к трехэлементной антенне типа «волновой канал». Контуры $L_{30}C_{58}$ и $L_{31}C_{61}$ настроены на частоту 144,5 и 145,5 МГц соответственно.

Двухкаскадный УПЧ собран на транзисторах T_{19}—T_{22} (рис. 44). Оба каскада совершенно идентичны и включены по каскодной схеме. Нагрузкой каскадов служат последовательно включенные контуры, настроенные на промежуточные частоты 500 кГц и 4,5 МГц. Включение контуров $L_{48}C_{92}$ и $L_{50}C_{93}$ в коллекторную цепь через катушки связи L_{49} и L_{51} сделано для лучшего согласования выходного сопротивления транзистора с резонансным сопротивлением контура.

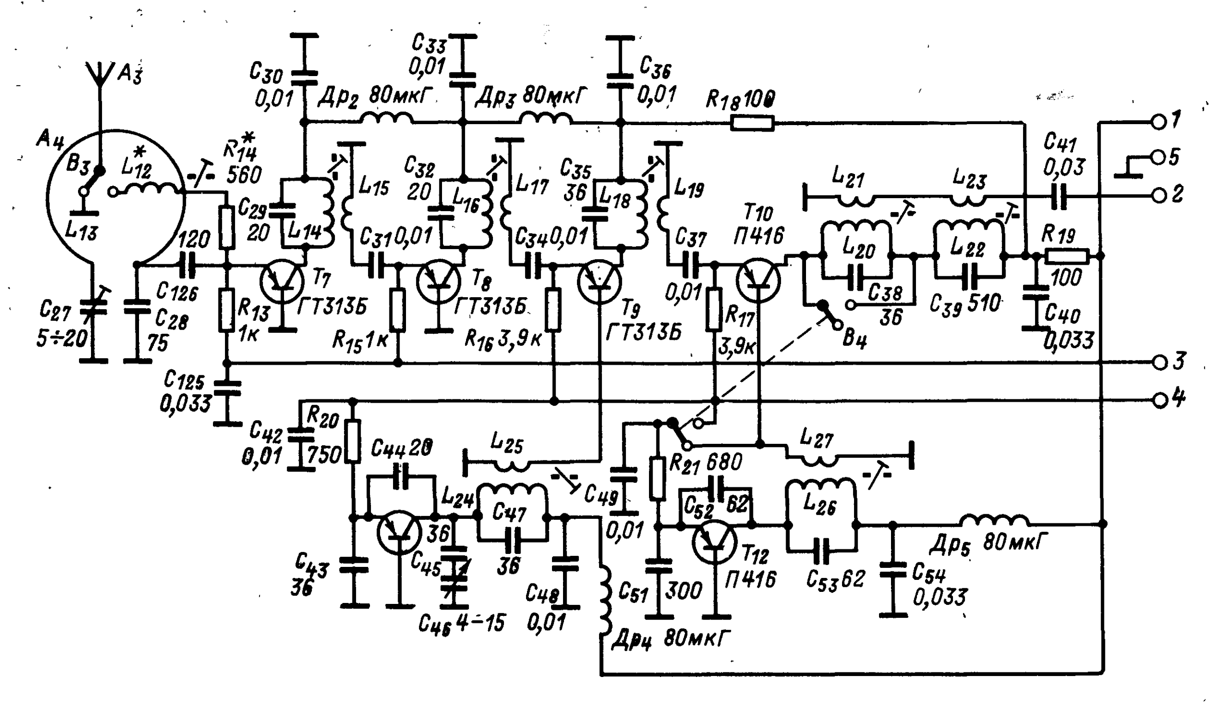


Рис. 42. Принципиальная схема ВЧ блока диапазона 10 м.

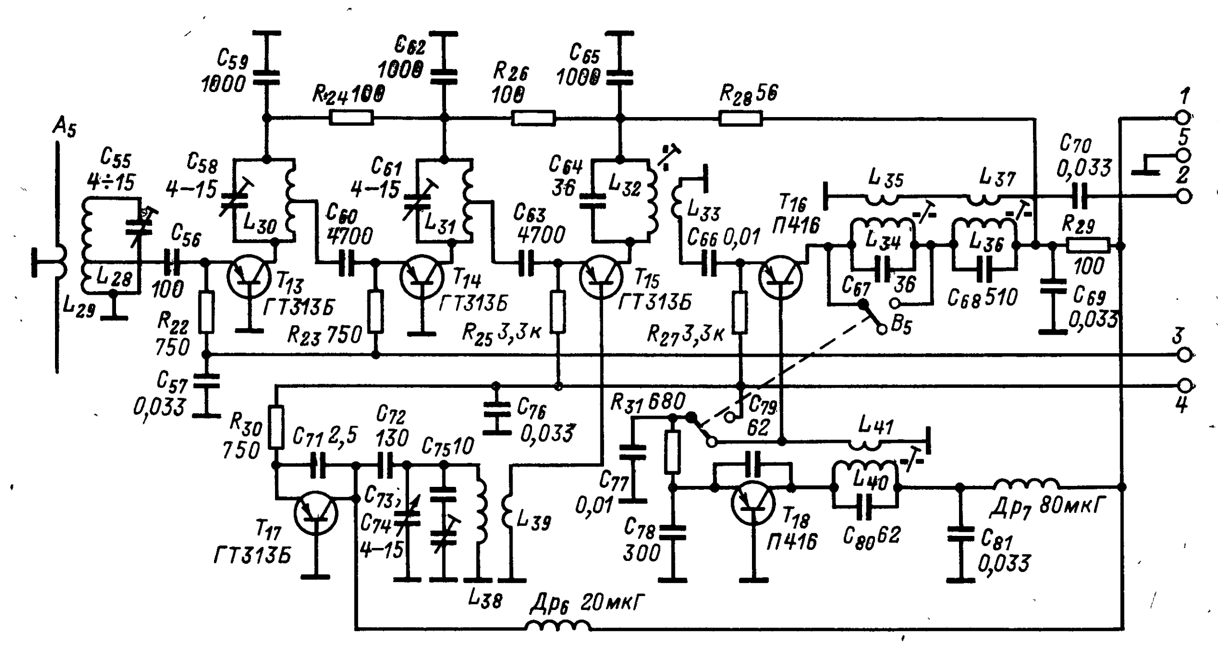


Рис. 43. Принципиальная схема ВЧ блока диапазона 2 м.

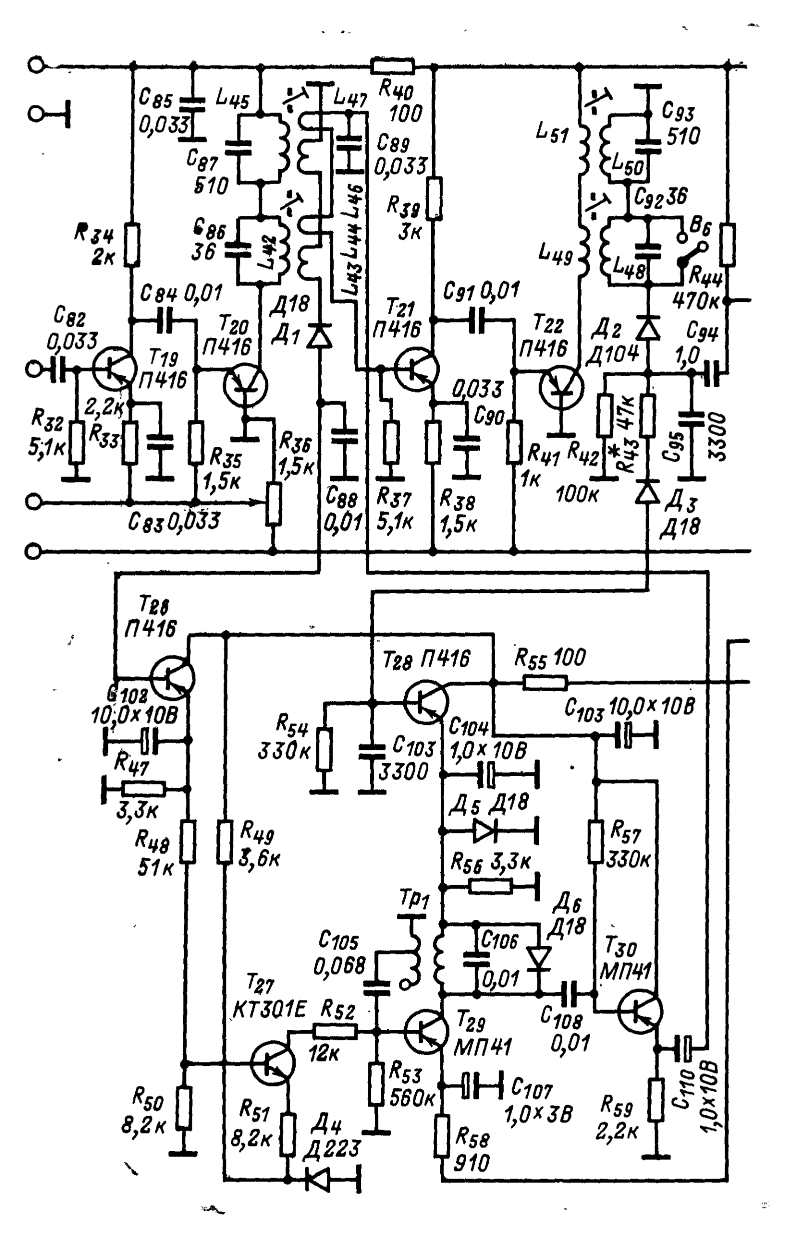


Рис. 44. Принципиальная

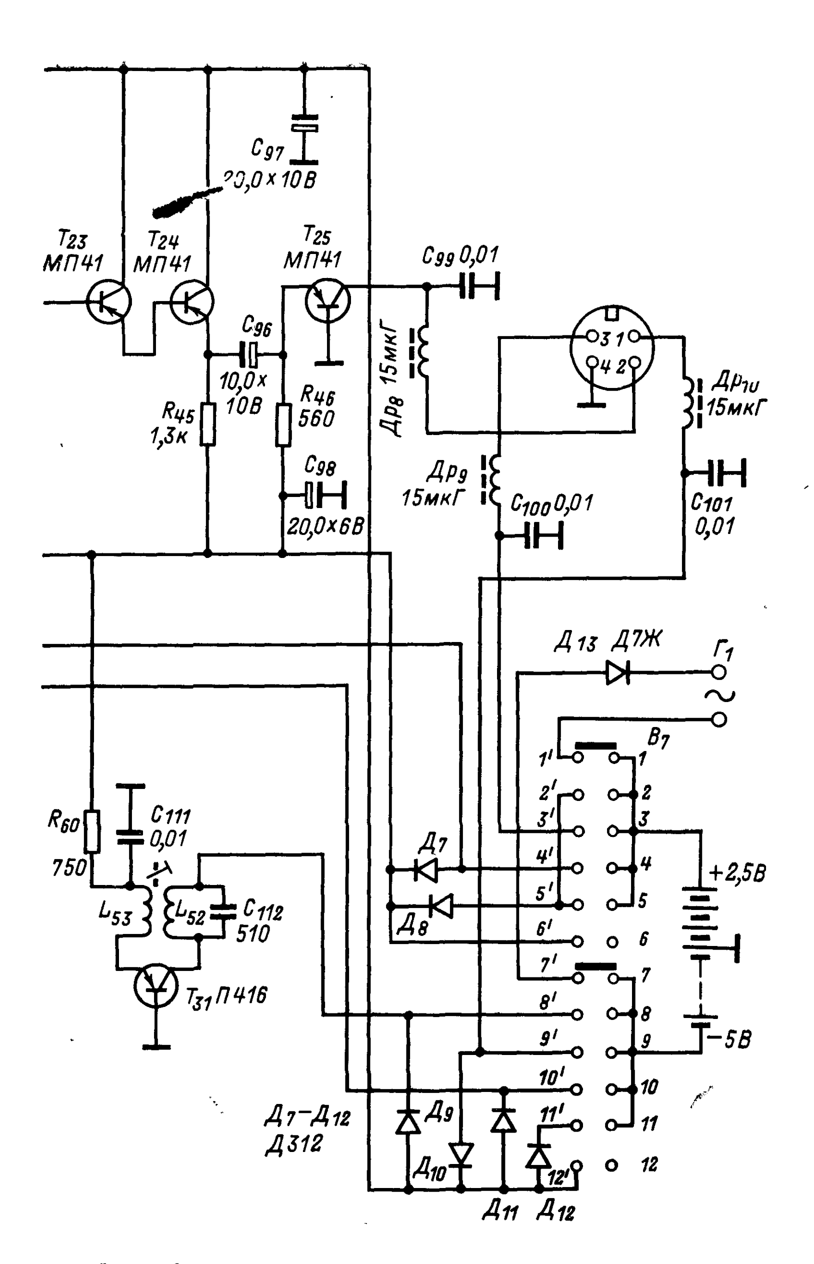
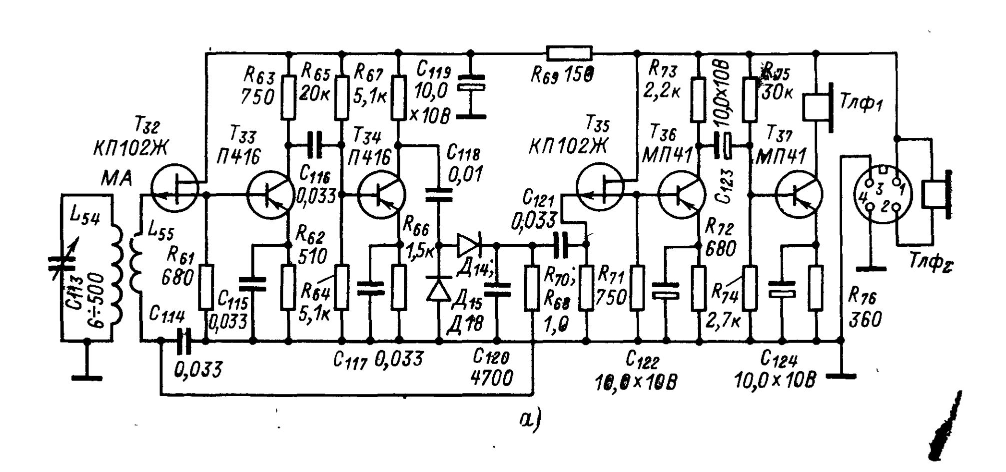


схема общего блока.


Т32
КП102Ж
МА
L54
L55
С113
6÷500
R61
680
С114
0,033
Т33
П416
R63
750
R65
20к
С116
0,033
R62
510
С115
0,033
R64
5,1к
Т34
П416
R67
5,1к
С119
10,0
×10В
R66
1,5к
С118
0,01
С117 0,033
Д14;
Д15
Д18
С120
4700
R69 150
Т35
КП102Ж
С121
0,033
R70;
R68
1,0
R71
750
С122
10,0×10В
R73
2,2к
10,0×10В
Т36
МП41
С123
R72
680
R74
2,7к
R75
30к
Т37
МП41
Тлф1
Тлф2
R76
360
С124
10,0×10В
3
4
1
2

а)

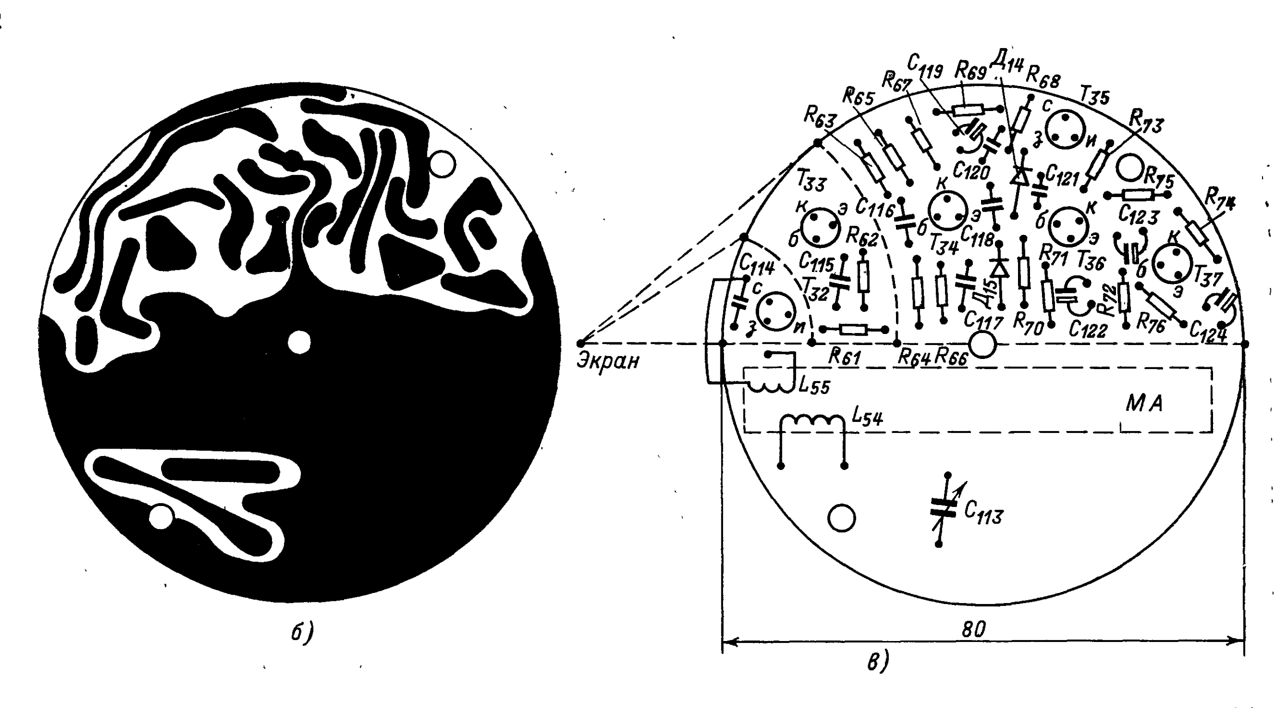


Рис. 45. Принципиальная схема (*а*), печатная плата (*б*) и расположение на ней деталей радиополукомпаса (*в*).

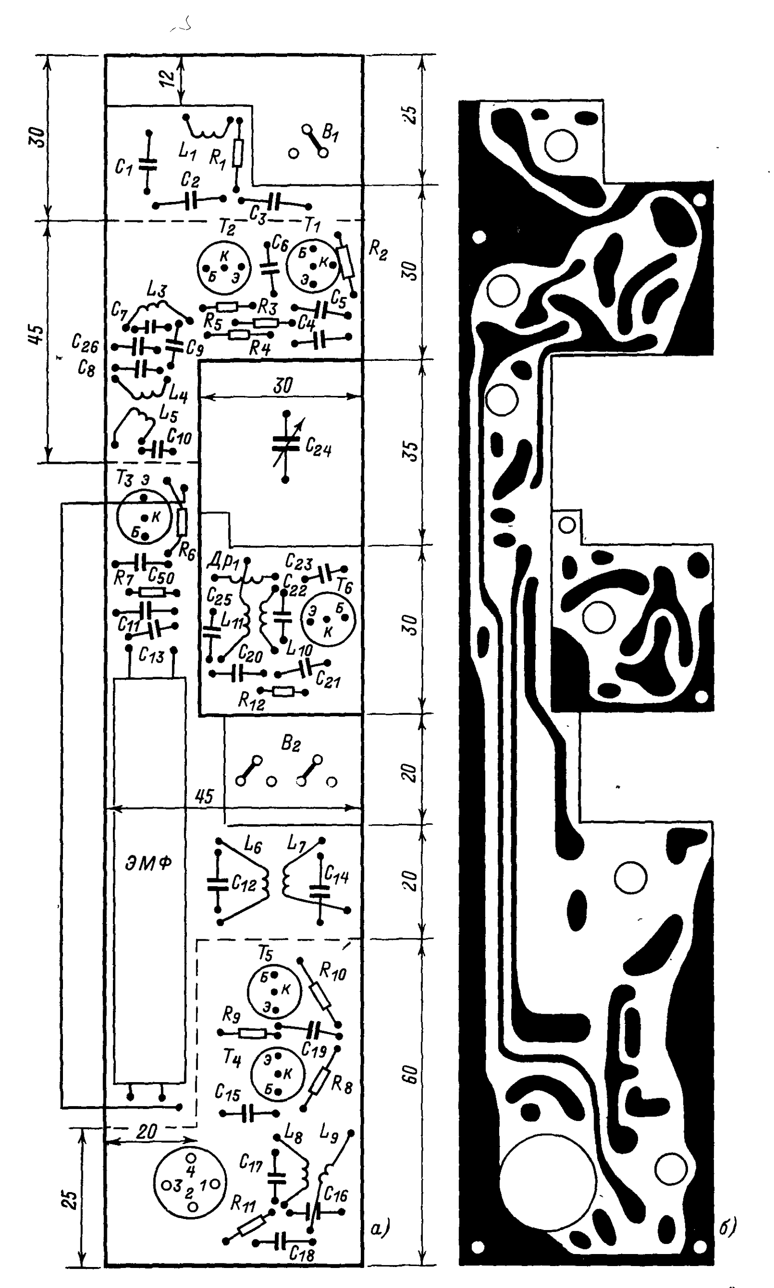


Рис. 46. Печатная плата (*а*) и расположение на ней деталей ВЧ блока диапазона 80 м (*б*).

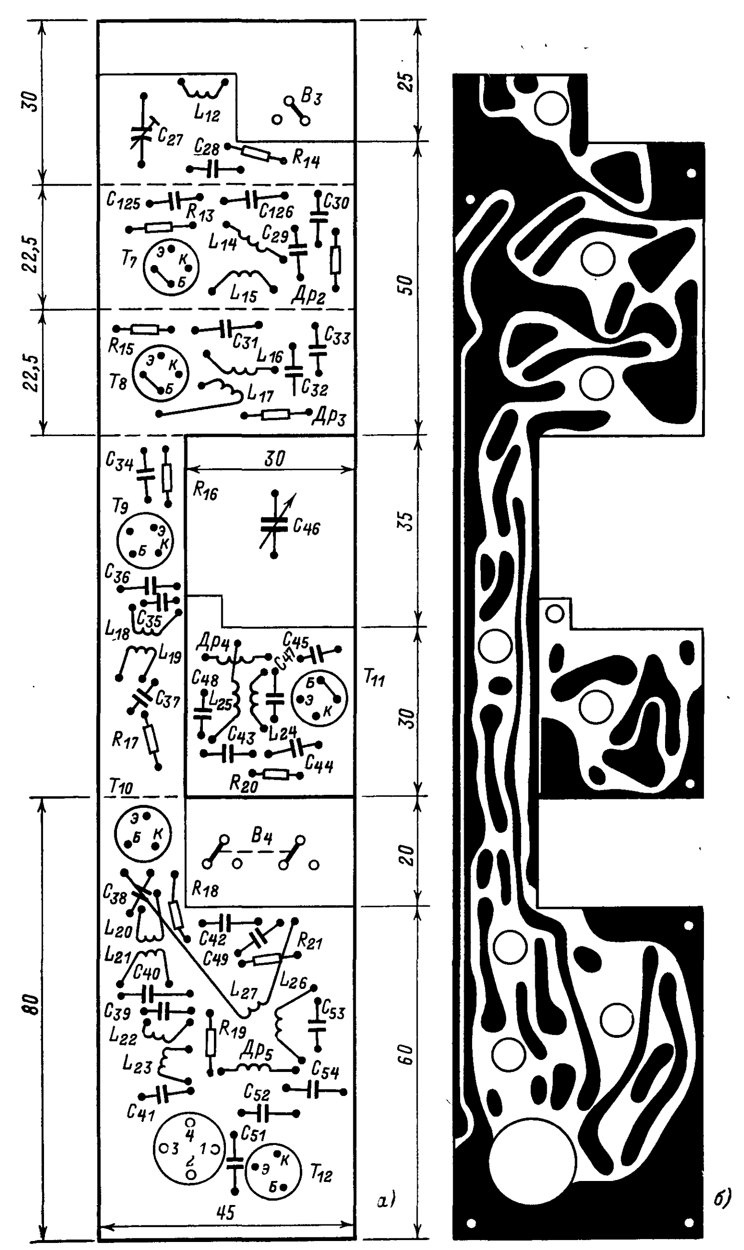


Рис. 47. Печатная плата (*а*) и расположение на ней деталей ВЧ блока диапазона 10 м (*б*).

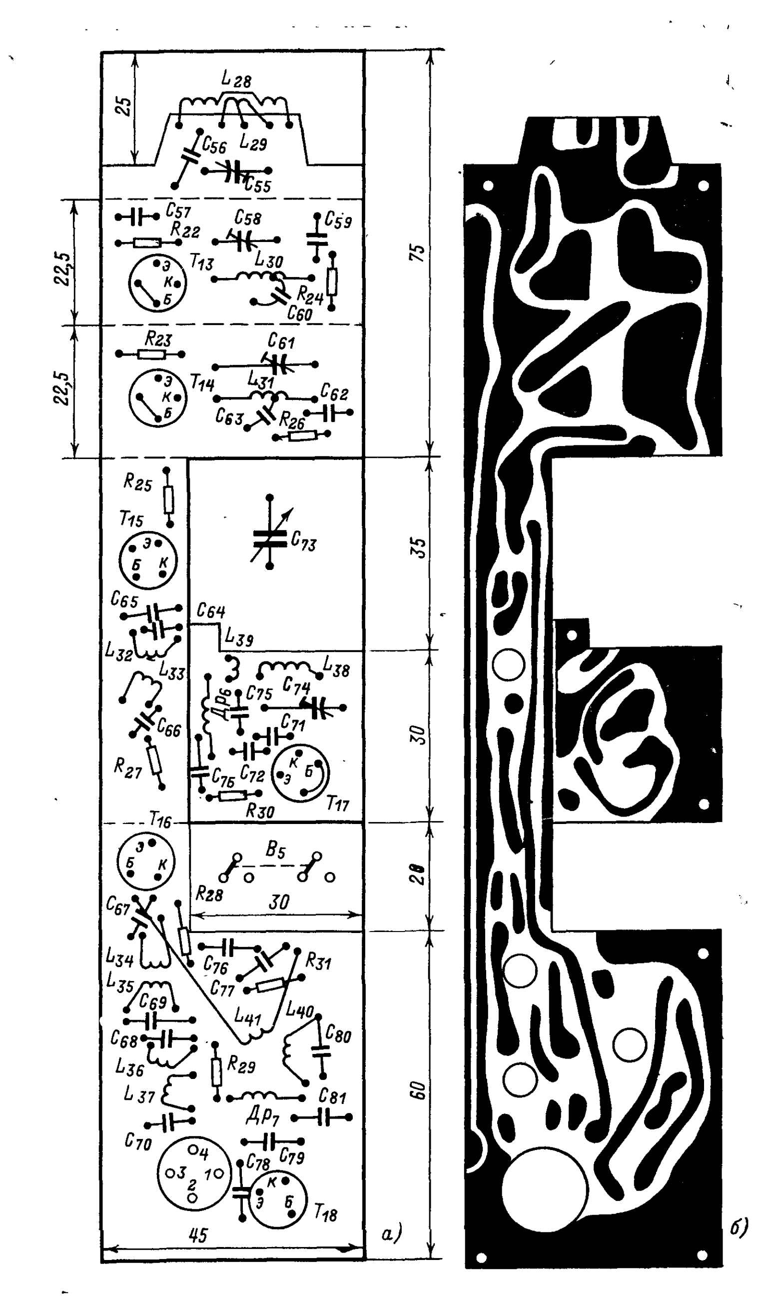


Рис. 48. Печатная плата (*а*) и расположение на ней деталей ВЧ блока диапазона 2 м (*б*).

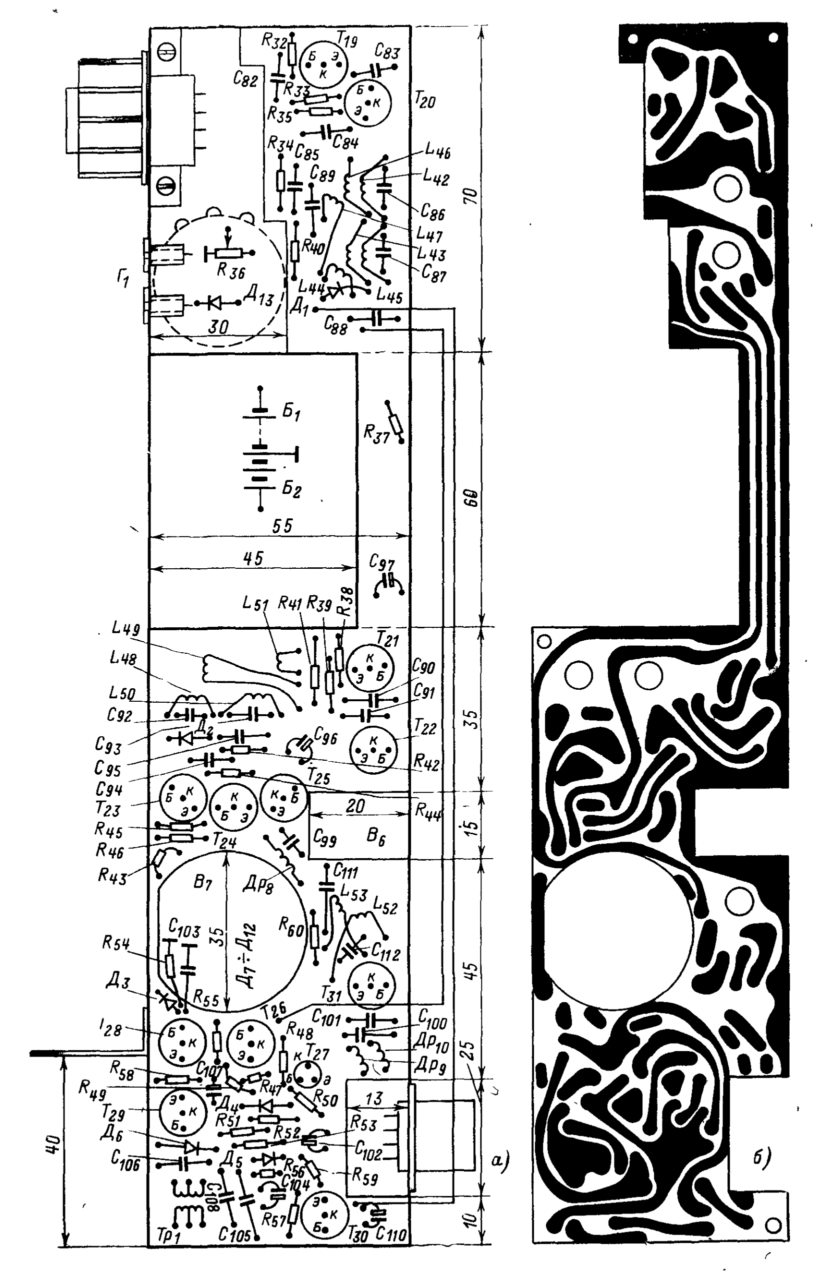


Рис. 49. Печатная плата (*а*) и расположение на ней деталей общего **блока (*б*).**

В качестве детектора применен диод $Д_2$. Выделенное на резисторе R_{42} переменное напряжение низкой частоты поступает на двухкаскадный УНЧ, собранный на транзисторах T_{23}—T_{25}. Включение транзистора T_{25} по схеме с общей базой позволяет согласовать высокоомные телефоны с выходным каскадом УНЧ.

Тональный модулятор с переменным тоном собран по схеме блокинг-генератора на транзисторе T_{29}. Управление генератором осуществляется с помощью транзистора T_{28}, который изменяет напряжение питания транзистора T_{29} и транзисторов T_{26}, T_{27}, а они в свою очередь изменяют сопротивление цепи разряда конденсатора C_{105}.

Гетеродин для приема станций, работающих в телеграфном режиме A_1, выполнен на транзисторе T_{31} по схеме генератора с индуктивной обратной связью и настроен на частоту, близкую к 500 кГц. На диапазонах 10 и 2 м прием телеграфных сигналов может осуществляться только при работе приемника в режиме двойного преобразования частоты. Связь телеграфного гетеродина с УПЧ осуществляется за счет емкостей монтажа.

Радиополукомпас (рис. 45) собран на базе приемника прямого усиления. Входной контур магнитной антенны подключен к затвору транзистора T_{32} через катушку связи L_{55}. При подключении контура $L_{54}C_{113}$ непосредственно к затвору возможно самовозбуждение приемника.

Число органов управления приемником сведено до минимума, что особенно важно в аппаратуре такого типа. Переключатель B_7 совместно с диодами $Д_7$—$Д_{12}$ позволяет включить приемник в любой из шести режимов работы.

Подзарядка аккумуляторной батареи может осуществляться через гнездо $Г_1$.

Диод $Д_{13}$ исключает выход приемника из строя при неправильном подключении зарядного устройства.

Конструкция и детали. Общий блок приемника и корпуса головок выполнены из листового дюралюминия марки АМЦ толщиной 1 мм. Размеры печатных плат и размещение деталей показаны на рис. 46—49. Сменные головки подсоединяются к общему блоку с помощью разъемов типа ШР-20. Возможно применение разъемов другого типа или самодельных. Монтажные платы выполнены из фольгированного стеклотекстолита и крепятся винтами М2.

В приемнике применены малогабаритные детали: конденсаторы типов КМ, КЛГ, КЛС, К50-6, КПКМ и др., резисторы типа УЛМ-0,12, МЛТ-0,25, СП-1. Переменные конденсаторы типа КПВ с удлиненной осью.

Моточные и конструктивные данные катушек колебательных контуров приведены в табл. 4.

Электрические экраны рамочных антенн для диапазонов 10 и 80 м выполнены в виде кольца с зазором 5—10 мм из дюралюминиевой трубки диаметром 8 мм. Диаметры рамок одинаковы и равны 320 мм. В качестве штыревой антенны может быть использована алюминиевая трубка диаметром 6 мм, длиной 40—60 см. Антенна диапазона 2 м, трехэлементная. Вибраторы антенны выполнены из стальной ленты от рулетки. Детектор и рефлектор антенны крепят к штанге, выполненной в виде трубки из стекловолокна, а штангу крепят к корпусу. Активный вибратор устанавливают непосредственно на корпусе приемника с помощью изолирующих шайб из фторопласта, гетинакса или другого материала.

Таблица 4

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Тип намотки	Тип сердечника или каркас
L_1	2×50	ПЭЛ 0,12	Внавал	2-секционный унифицированный от КВ контура
L_2	0,5	Посеребренный, ⌀ 1,0 мм	—	Рамочная антенна 80 м
L_3, L_4	4×15	ПЭЛШО 0,12	Внавал	4-секционный каркас КВ контура приемника „Спидола"
L_5	5	ПЭЛ 0,12	„	Поверх L_4
L_6, L_8, L_{22}, L_{36}, L_{45}, L_{50}	2×60	ПЭЛШО 0,12	„	2-секционный унифицированный от КВ контура
L_7	6	ПЭЛ 0,12	„	Поверх L_6
L_9	6	ПЭЛ 0,12	„	Поверх L_8
L_{10}	4×15	ПЭЛШО 0,12	„	4-секционный каркас КВ контура приемника „Спидола"
L_{11}	2	ПЭЛ 0,12	„	Поверх L_{10}
L_{12}	12	ПЭЛ 0,41	Рядовая	4-секционный каркас КВ контура приемника „Спидола"
L_{13}	1	Посеребренный, ⌀ 1,0 мм	—	Рамочная антенна 10 м
L_{14}, L_{16}	16	ПЭЛ 0,14	Рядовая	4-секционный каркас КВ контура приемника „Спидола"
L_{15}	1	ПЭЛ 0,41	—	Поверх L_{14}
L_{17}	1	ПЭЛ 0,41	—	Поверх L_{16}
L_{18}, L_{20}, L_{42}, L_{48}	3×18	ПЭЛШО 0,12	Внавал	3-секционный унифицированный от КВ контура
L_{19}	4	ПЭЛ 0,12	„	Поверх L_{18}
L_{21}	4	ПЭЛ 0,12	„	Поверх L_{20}
L_{23}	6	ПЭЛ 0,12	„	Поверх L_{22}
L_{24}	14	ПЭЛ 0,41	Рядовая	4-секционный каркас КВ контура приемника „Спидола"
L_{25}	1	ПЭЛ 0,41	—	То же

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Тип намотки	Тип сердечника или каркас
L_{26}, L_{40}	4×16	ПЭЛШО 0,12	Внавал	4-секционный каркас КВ контура приемника „Спидола"
L_{27}	3	ПЭЛ 0,12	Рядовая	Поверх L_{26}
L_{28}	6, отвод от 2-го витка	Посеребренный, ∅ 0,8 мм	Наружный диаметр 6 мм, шаг 2 мм	Бескаркасная
L_{29}	2	То же	То же	Между витками L_{28}
L_{30}, L_{31}	6, отвод от 0,5-го витка	„ „	„ „	Бескаркасная
L_{32}, L_{34}	4×18	ПЭЛШО 0,12	Внавал	4-секционный каркас КВ контура приемника „Спидола"
L_{33}	6	ПЭЛ 0,12	Рядовая	Поверх L_{32}
L_{35}	6	ПЭЛ 0,12	„	Поверх L_{34}
L_{37}	6	ПЭЛ 0,12	„	Поверх L_{36}
L_{38}	6	Посеребренный, ∅ 0,8 мм	Наружный диаметр 6 мм, шаг 2 мм	Бескаркасная
L_{39}	1	Посеребренный, ∅ 0,8 мм	Наружный диаметр 6 мм, шаг 2 мм	„
L_{41}	3	ПЭЛ 0,12	Рядовая	Поверх L_{40}
L_{43}	54	ПЭЛ 0,12	Внавал	Поверх L_{42}
L_{44}	4	ПЭЛШО 0,12	Рядовая	Поверх L_{42}, L_{43}
L_{46}	120	ПЭЛ 0,12	Внавал	Поверх L_{45}
L_{47}	12	ПЭЛШО 0,12	Рядовая	Поверх L_{45}, L_{46}
L_{49}	12	ПЭЛШО 0,12	„	Поверх L_{48}
L_{51}	40	ПЭЛШО 0,12	Внавал	Поверх L_{50}
L_{52}	2×60	ПЭЛШО 0,12	То же	2-секционный унифицированный от КВ контура
L_{53}	12	ПЭЛШО 0,12	Рядовая	Поверх L_{52}
L_{54}	210	ПЭЛШО 0,12	Внавал, длина намотки 50 мм	Ферритовый стержень 400НН, ∅ 8 мм, длина 70 мм
L_{55}	40	ПЭЛШО 0,12	Внавал	То же, рядом с L_{5}

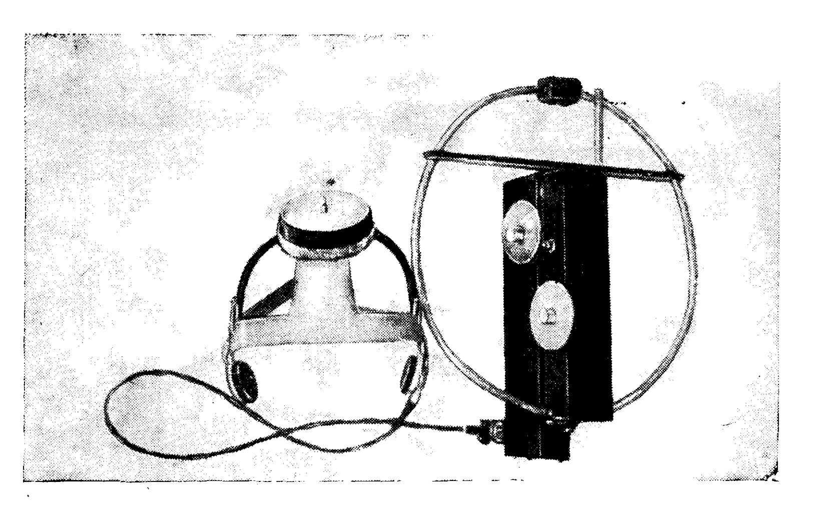


Рис. 50. Внешний вид трехдиапазонного приемника с ЭМФ и двойным преобразованием частоты.

Радиополукомпас собран в полиэтиленовом корпусе диаметром 85 мм и высотой 30 мм, который может вращаться относительно крышки, закрепленной на шлемофоне.

Внешний вид приемника с радиополукомпасом показан на рис. 50.

10. Комплект приемников-пеленгаторов для трех диапазонов

В комплект входят три отдельных приемника на диапазоны 2, 10 и 80 м, основные узлы которых собраны по одинаковым схемам. Форма и размеры корпусов, а также расположение органов управления абсолютно идентично для всех приемников, что упрощает их эксплуатацию. Преимуществом отдельного исполнения приемников для каждого диапазона по сравнению с трехдиапазонным является независимость их друг от друга.

Диапазоны принимаемых частот 3,45—3,75 МГц, 27,5—30 МГц и 143—147 МГц. Чувствительность, приемников в зависимости от диапазона составляет: 5 мкВ/м (80 м), 3 мкВ/м (10 м), 2 мкВ/м (2 м). Избирательность по соседнему каналу в диапазоне 80 м при расстройке на 1,5 кГц 40 дБ (узкая полоса), при расстройке на 10 кГц 20 дБ (широкая полоса), в диапазоне 2 м — при расстройке на 10 кГц 30 дБ (узкая полоса), при расстройке на 45 кГц 20 дБ (широкая полоса). Избирательность приемника по зеркальному каналу в диапазоне 80 м составляет 40 дБ, в диапазоне 10 м 56 дБ и в диапазоне 2 м 30 дБ. Глубина регулировки усиления не менее 100 дБ. Ширина диаграммы направленности антенны типа «волновой канал» 60°, обратное ослабление не менее 12 дБ. Глубина минимума рамочных антенн 20 дБ, обратное ослабление кардиоиды не менее 15 дБ.

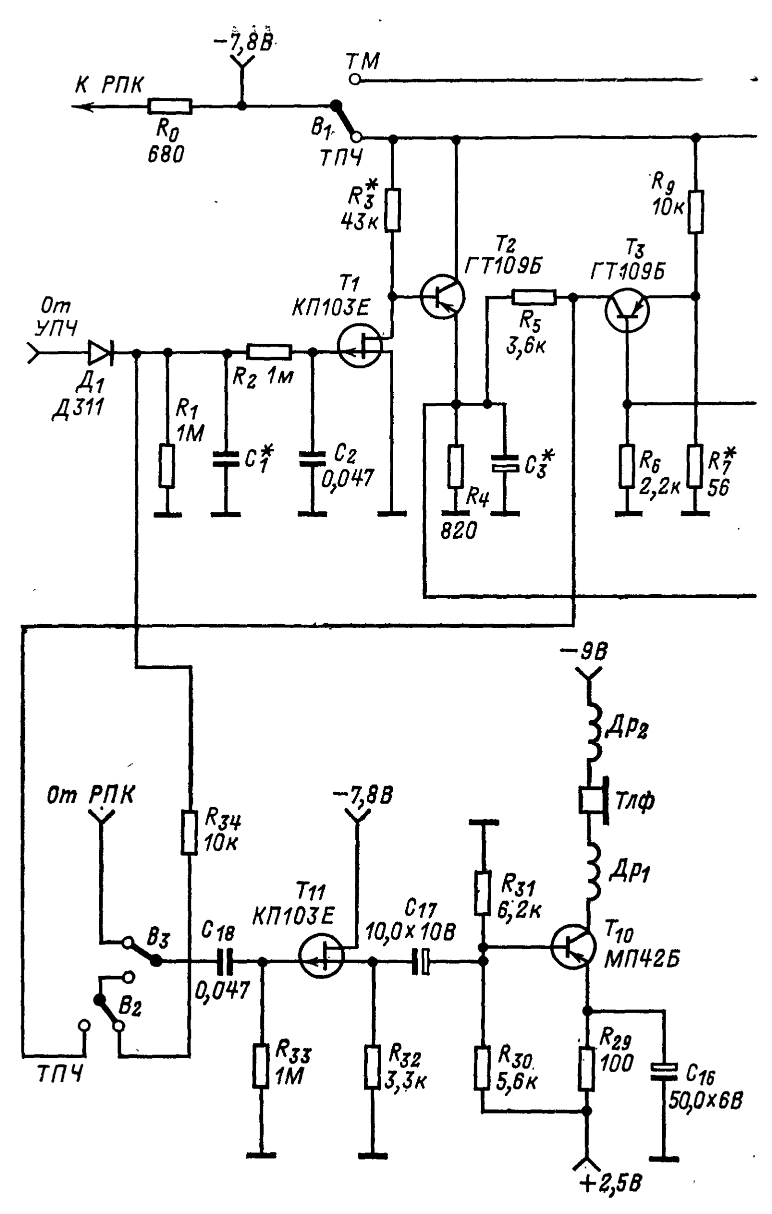
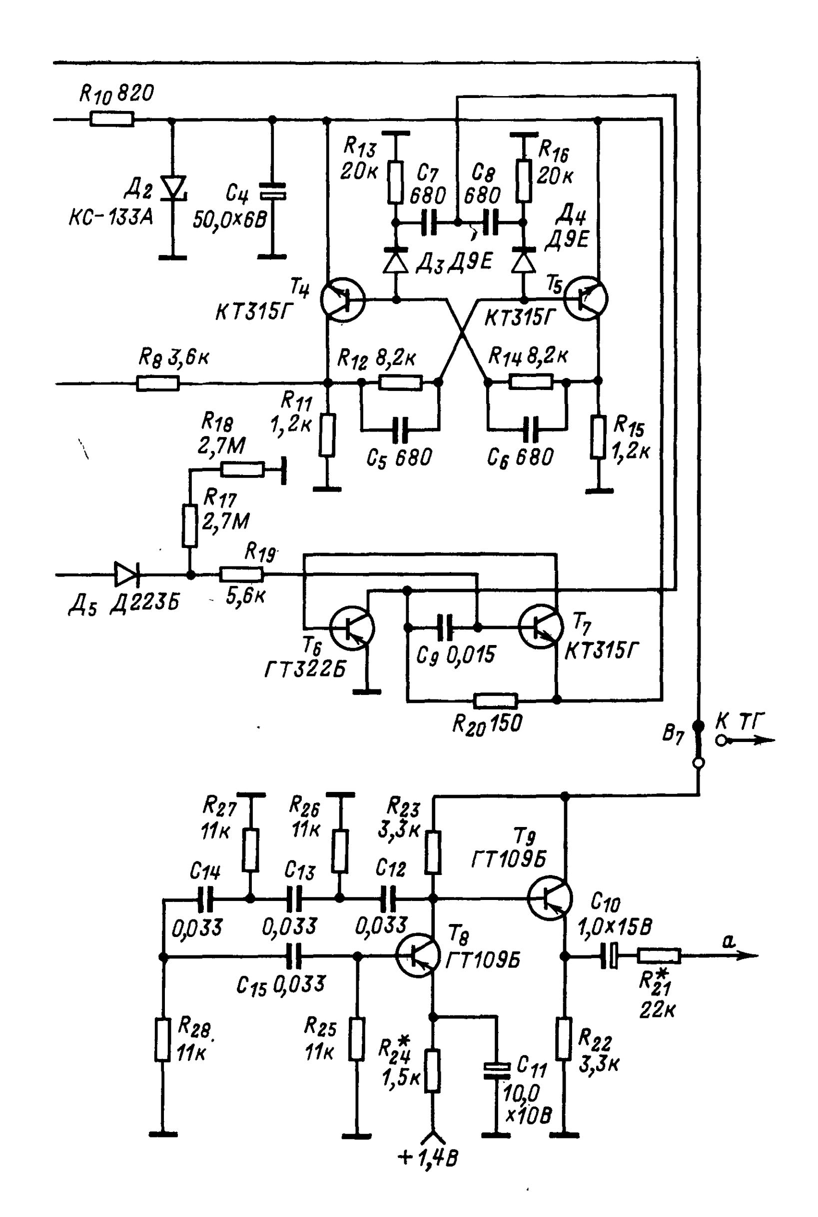


Рис. 51. Принципиальная схема УНЧ, ТПЧ и



тон-модулятора приемников диапазонов 2, 10 и 80 м.

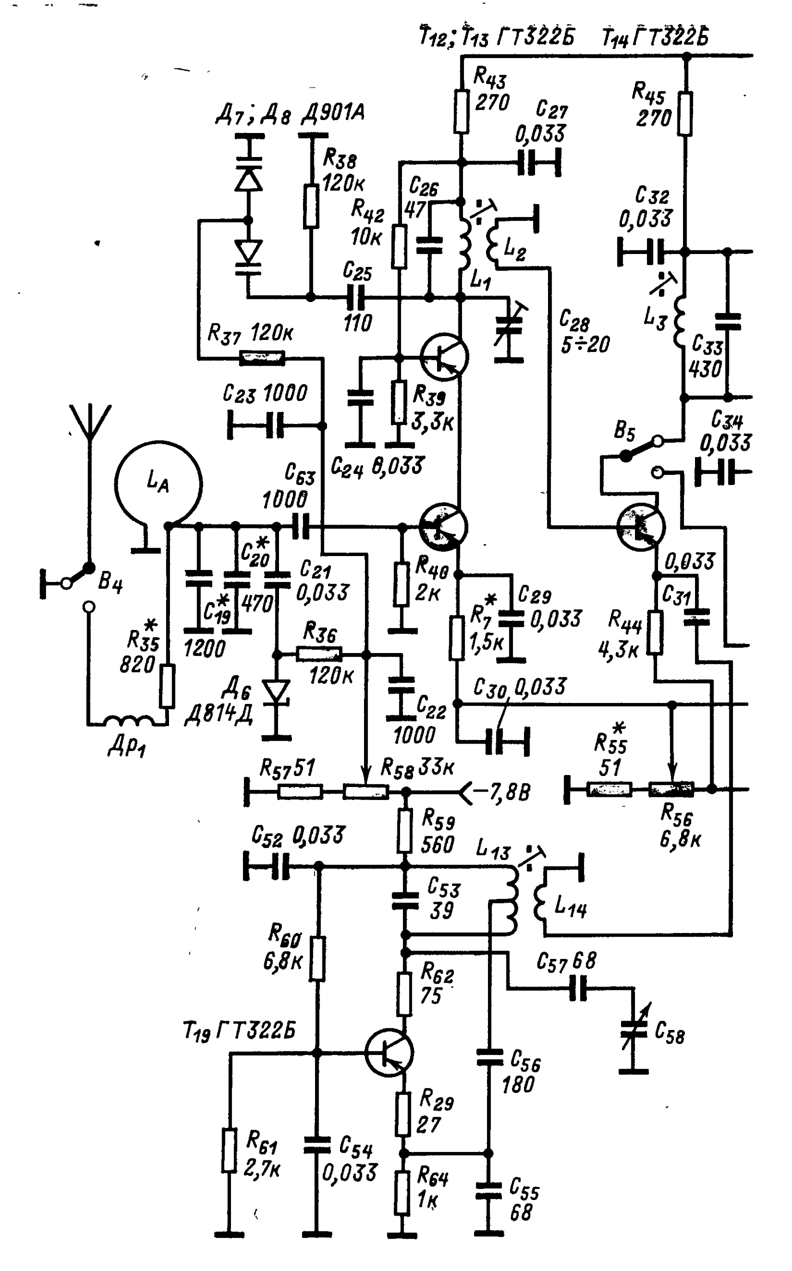
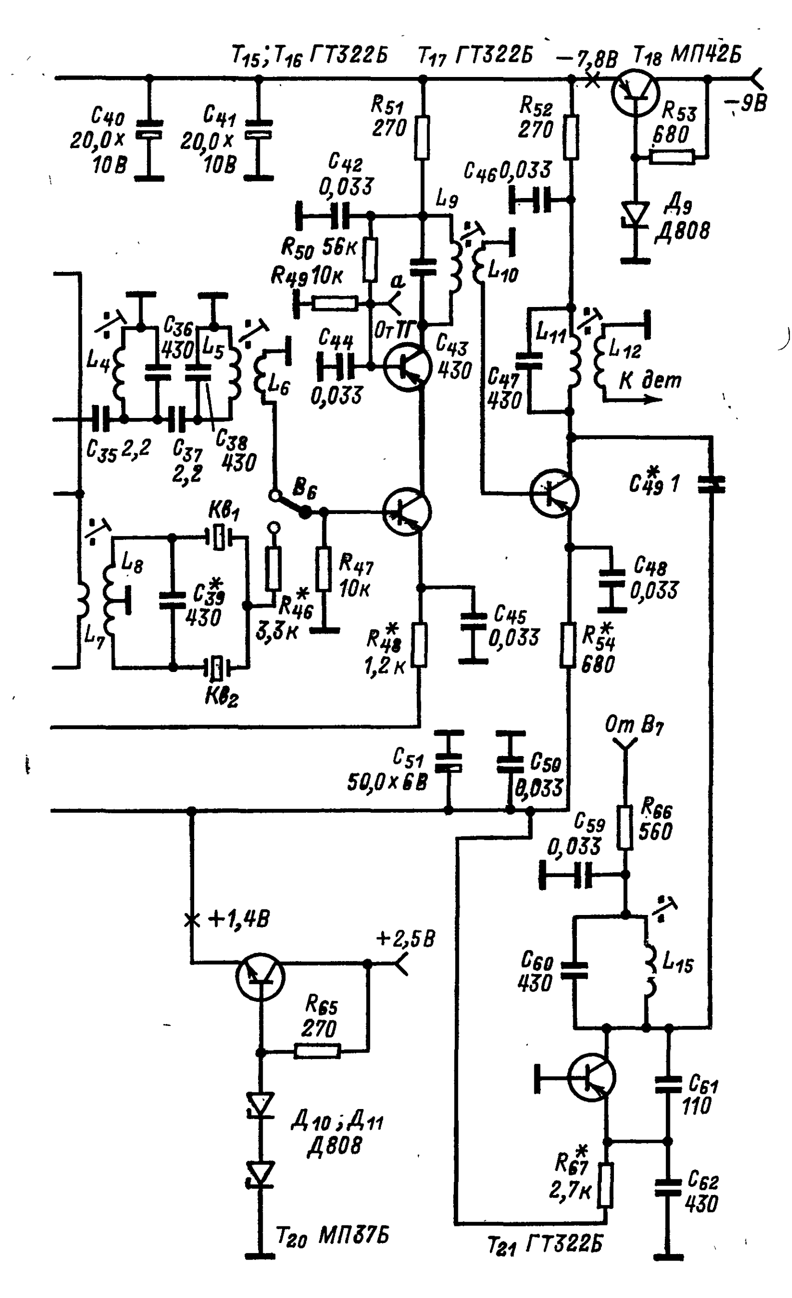


Рис. 52. Принципиальная схема



приемника диапазона 80 м.

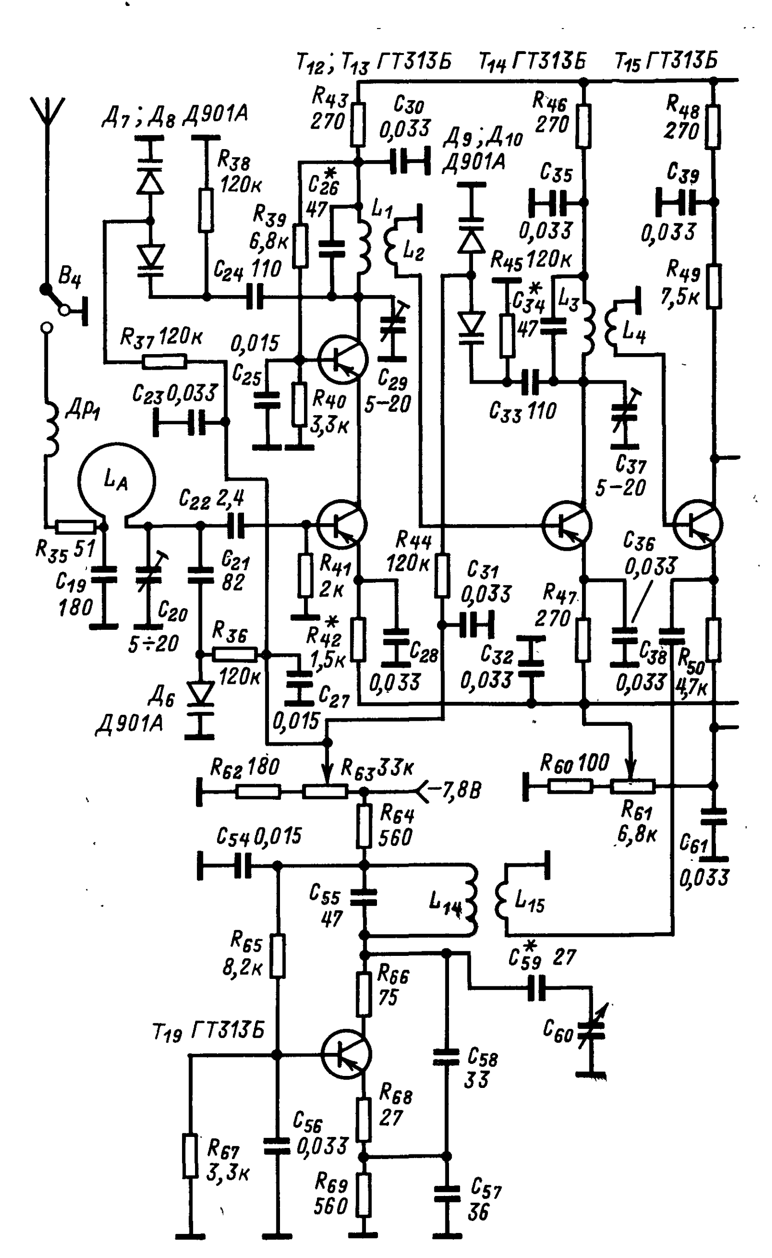


Рис. 53. Принципиальная

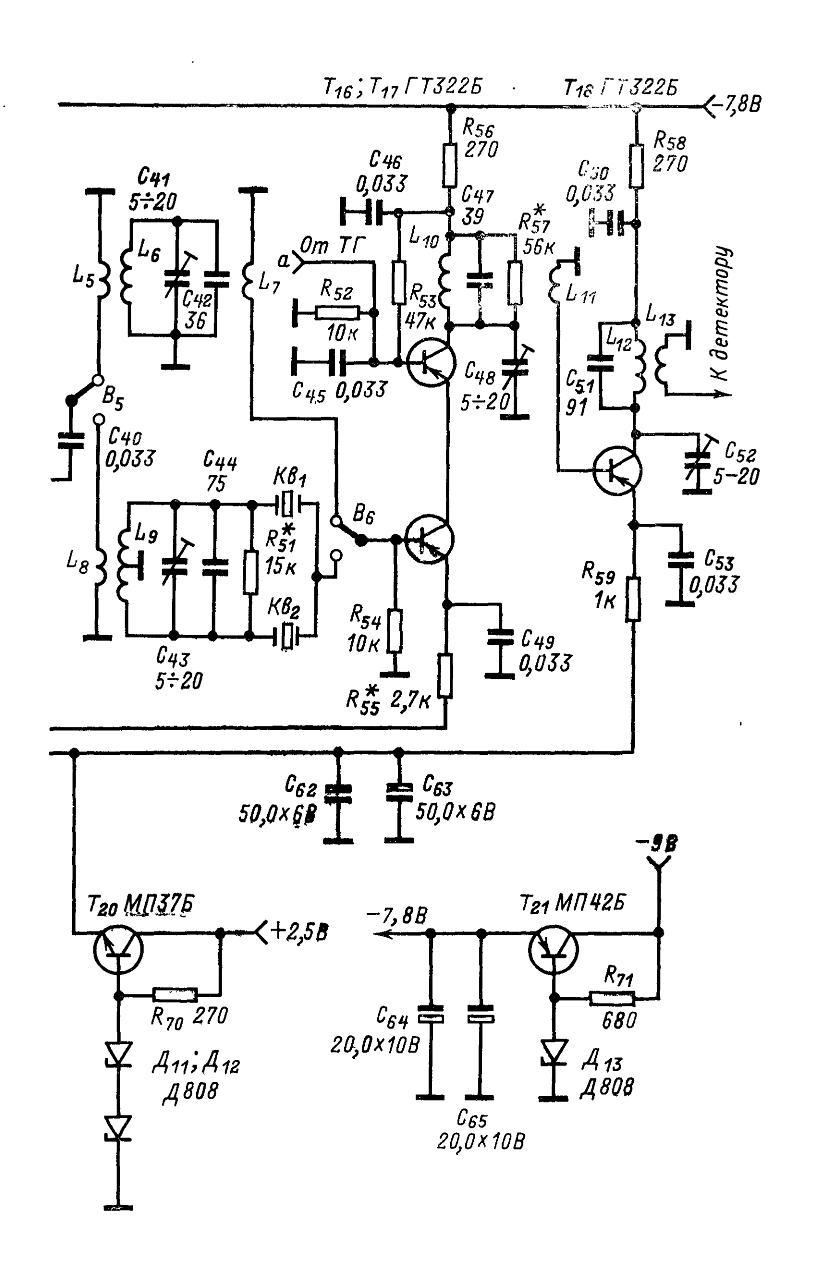


схема приемника диапазона 10 м.

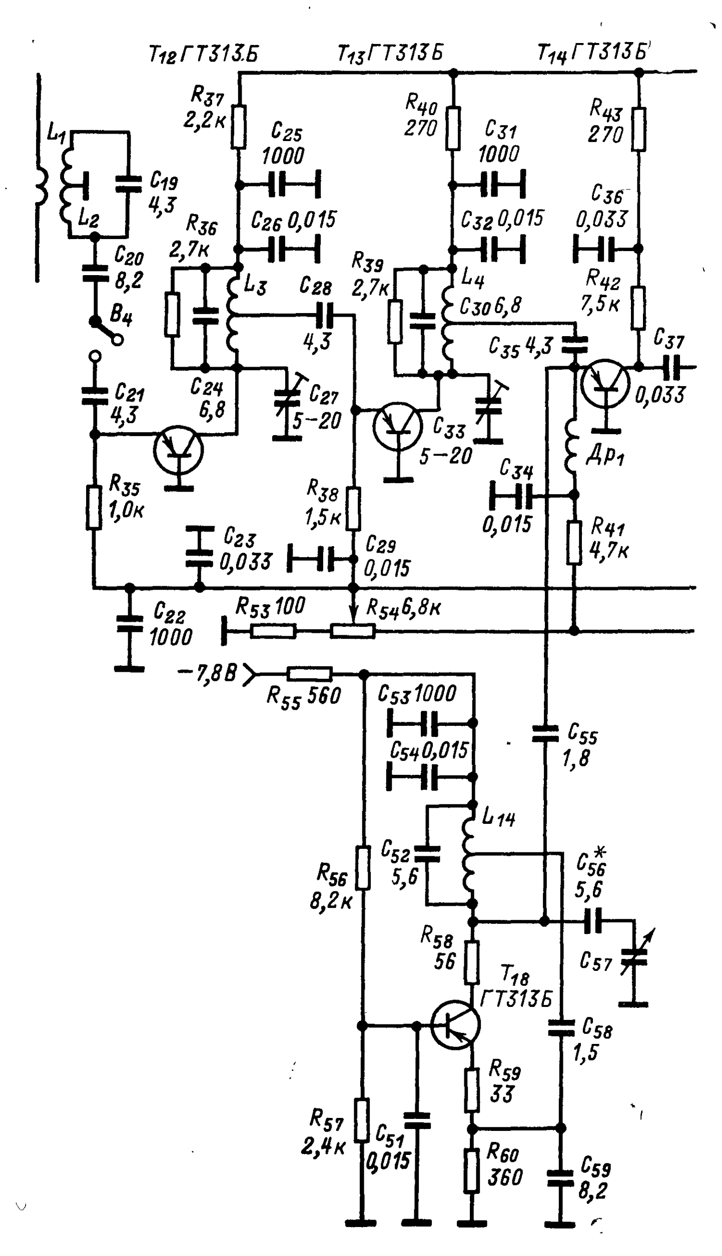
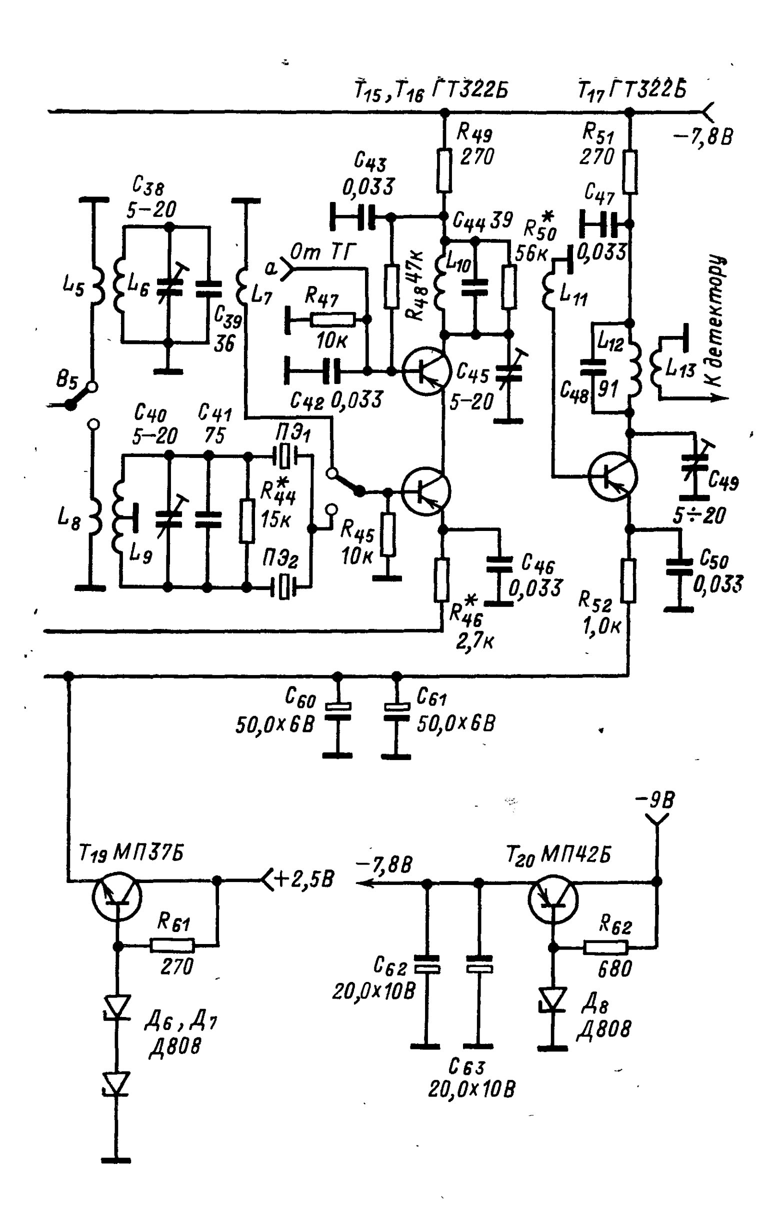


Рис. 54. Принципиальная схема



приемника диапазона 2 м.

Отличительными особенностями приемников являются следующие: наличие тона переменной частоты с экспандированием по амплитуде и частоте для повышения точности пеленгования; осуществление электронной перестройки резонансной частоты контуров антенн и УВЧ одновременно с перестройкой частоты гетеродина; наличие устройства для оперативной установки частоты, на которой работают передатчики; ввод ступенчатой регулировки усиления (33 ступени) для повышения точности определения расстояния.

Все три приемника имеют две полосы: узкую и широкую.

Приемники собраны по супергетеродинной схеме. Функциональная схема подобна схеме рис. 21,г. Электромагнитная энергия преобразуется в антенне *А* в токи высокой частоты, усиливается в каскадах УВЧ и затем поступает на смеситель *СМ*. После преобразования в смесителе напряжение ПЧ поступает на ФСС или кварцевые фильтры, усиливается в каскадах УПЧ и далее детектируется. С амплитудного детектора напряжение звуковой частоты поступает на УНЧ. Нагрузкой УНЧ служат низкоомные головные телефоны *Тлф*. Для приема немодулированных колебаний служат тон-модулятор *ТМ*, телеграфный гетеродин *ТГ* и генератор тона переменной частоты *ТПЧ*.

Принципиальная схема приведена на рис. 51—54. Усилитель низкой частоты и тон-генераторы постоянной и переменной частот одинаковы для всех диапазонов (рис. 51).

Усилитель высокой частоты приемника с диапазоном 80 м выполнен по каскодной схеме. Перестройка резонансной частоты контуров УВЧ осуществляется при помощи варикапов $Д_7$, $Д_8$, а антенного контура — при помощи стабилитрона $Д_6$.

Усилитель высокой частоты приемника с диапазоном 2 м двухкаскадный, выполнен по схеме с общей базой. Настройку контуров производят соответственно на частоты: L_3C_{24} — 144,5 МГц, L_4C_{30} — 145,5 МГц.

Усилитель высокой частоты приемника с диапазоном 10 м двухкаскадный; первый каскад собран по каскодной схеме, второй — по схеме с общим эмиттером. Перестройка резонансной частоты контуров УВЧ и антенны осуществляется при помощи варикапов $Д_6$—$Д_8$.

Усилители промежуточной частоты всех приемников одинаковы; первые каскады собраны по каскодной схеме, а выходной каскад — по схеме с общим эмиттером. Промежуточная частота приемника с диапазоном 80 м 465 кГц, 10 м — 2,6 МГц и 2 м — 8,4 МГц.

Первый каскад УНЧ собран на полевом транзисторе КП103Е, а выходной — на транзисторе МП42Б. Схема обладает высоким входным сопротивлением, низким уровнем шумов и хорошим динамическим диапазоном.

Генератор тона переменной частоты работает следующим образом. Постоянная составляющая с детектора $Д_1$ закрывает полевой транзистор T_1; при этом открывается транзистор T_2 и на резисторе в цепи его эмиттера появляется напряжение, которое через диод $Д_5$ поступает на мультивибратор (транзисторы T_6, T_7) и изменяет его частоту от 4—5 кГц до 20—30 Гц в зависимости от амплитуды сигнала на входе приемника. Мультивибратор управляет триггером, собранным на транзисторах T_4, T_5. Напряжение прямоугольной формы с триггера поступает в цепь базы ключа-модулятора (T_3), на коллектор которого через резистор R_5 подается напряжение с транзистора T_2. Переменное напряжение на его коллекторе будет прямо пропорционально напряжению на резисторе R_4. Далее на-

Таблица 5

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Тип намотки	Тип сердечника или каркас
		Для диапазона 2 м		
L_1	2	Посеребренный, ∅ 1 мм	Рядовая, шаг 1 мм	Бескаркасная, наружный диаметр 10 мм
L_2	7	Посеребренный, ∅ 1 мм	То же	Бескаркасная, наружный диаметр 7,5 мм
L_3	5	Посеребренный, ∅ 1 мм	„ „	То же
L_4	5	Посеребренный, ∅ 1 мм	„ „	„ „
L_5	8	ПЭВ 0,21	Рядовая	Кольцо из СБ-23-11а
L_6	36	ПЭВ 0,31	„	То же
L_7	3	ПЭВ 0,21	„	Поверх L_6
L_8	22	ПЭВ 0,13	„	На одном сердечнике с L_9
L_9	2×15	ПЭВ 0,21	„	Кольцо из СБ-23-11а
L_{10}	36	ПЭВ 0,31	„	То же
L_{11}	3	ПЭВ 0,21	„	Поверх L_{10}
L_{12}	28	ПЭВ 0,25	„	Кольцо из СБ-23-11а
L_{13}	28	ПЭВ 0,21	„	То же
L_{14}	5	Посеребренный, ∅ 1 мм	Рядовая, шаг 1 мм	Бескаркасная, наружный диаметр 7,5 мм
$Др_1$	13	ПЭВ 0,31	Равномерно по кольцу	Бескаркасная, наружный диаметр 4,5 мм
		Для диапазона 10 м		
L_A	1	Посеребренный, ∅ 1 мм	—	В экране антенны
L_1	12	ПЭВ 0,44	Рядовая	Кольцо из СБ-23-11а
L_2	3	ПЭВ 0,21	„	Поверх L_1
L_3	12	ПЭВ 0,41	„	То же
L_4	3	ПЭВ 0,21	„	Поверх L_3
L_5	8	ПЭВ 0,21	„	Кольцо из СБ-23-11а
L_6	36	ПЭВ 0,31	„	То же
L_7	3	ПЭВ 0,21	„	Поверх L_6
L_8	22	ПЭВ 0,13	„	Кольцо из СБ-23-11а
L_9	2×15	ПЭВ 0,21	„	То же
L_{10}	36	ПЭВ 0,31	„	„ „
L_{11}	3	ПЭВ 0,21	„	Поверх L_{10}
L_{12}	28	ПЭВ 0,25	„	Кольцо из СБ-23-11а
L_{13}	28	ПЭВ 0,21	„	То же
L_{14}	8	ПЭВ 0,44	„	„ „
L_{15}	2	ПЭВ 0,21	„	Поверх L_{14}
$Др_1$	17	ПЭВ 0,31	Равномерно по кольцу	Кольцо из СБ-23-11а
		Для диапазона 80 м		
L_A	1	Посеребренный, ∅ 1 мм	—	В экране антенны
L_1	60	ПЭВ 0,15	Рядовая	Кольцо из СБ-23-11а
L_2	3	ПЭВ 0,21	„	Поверх L_1

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Тип намотки	Тип сердечника или каркас
L_3	2×48	ПЭТВЛ 0,09	Внавал	Ферритовые чашки 1000НМЗ
L_4	2×48	ПЭТВЛ 0,09	»	То же
L_5	2×48	ПЭТВЛ 0,09	»	» »
L_6	3	ПЭВ 0,15	»	» »
L_7	24	ПЭВ 0,13	»	» »
L_8	2×48	ПЭТВЛ 0,09	»	» »
L_9	2×48	ПЭТВЛ 0,09	»	» »
L_{10}	4	ПЭВ 0,15	»	» »
L_{11}	2×48	ПЭВ 0,06	»	» »
L_{12}	2×48	ПЭВ 0,06	»	» »
L_{13}	100	ПЭВ 0,15	Рядовая, отвод от 25-го витка	Унифицированный каркас от КВ контура
L_{14}	2	ПЭВ 0,21	То же	Поверх L_{13}
L_{15}	2×48	ПЭТВЛ 0,09	Внавал	Ферритовые чашки 1000НМЗ
$Др_1$	30	ПЭВ 0,15	Рядовая	Кольцо 200НН 7×4×2

пряжение подается на УНЧ. Конденсатор C_3 определяет постоянную времени тонального генератора.

Тон-модулятор постоянной частоты выполнен на *RC* элементах. Для уменьшения влияния нагрузки на выходе генератора стоит эмиттерный повторитель. Генератор *ТГ* выполнен по обычной схеме, связь с детектором емкостная при помощи конденсатора связи C_{49}.

Конструктивно приемники выполнены в виде переносных блоков, фрезерованных из магниево-алюминиевого сплава. Антенное устройство для диапазонов 10 и 80 м представляет комбинацию рамочной и штыревой антенн, для диапазона 2 м используется трехэлементная вибраторная антенна типа «волновой канал». Радиополукомпас съемный, один на все приемники, выполнен по схеме прямого усиления. Сигнал с детектора РПК поступает на УНЧ основного приемника.

Моточные данные катушек приемника приведены в табл. 5.

Внешний вид приемника диапазона 10 м приведен на рис. 55. Оптимальное расположение органов управления приемника и оснащение его дополнительными устройствами обеспечивают удобство и оперативность в работе.

Рамочная *10* и штыревая *9* антенны изготовлены и укреплены в корпусе приемника аналогично показанным на рис. 14. Ручка *11* служит для подключения и отключения штыревой антенны. Прицел *8* обеспечивает более точное визуальное определение направления при установке РПК *2*. Для определения расстояния по изменению углов на корпусе РПК имеется кольцо *3*, градуированное от 0 до 360°. Кольцо может быть установлено в исходном положении при привязке к конкретной радиовещательной станции. Стопорное устройство обеспечивает поворот РПК от 0 до 370°. Настройка производится с помощью верньера, на основной оси которого имеет-

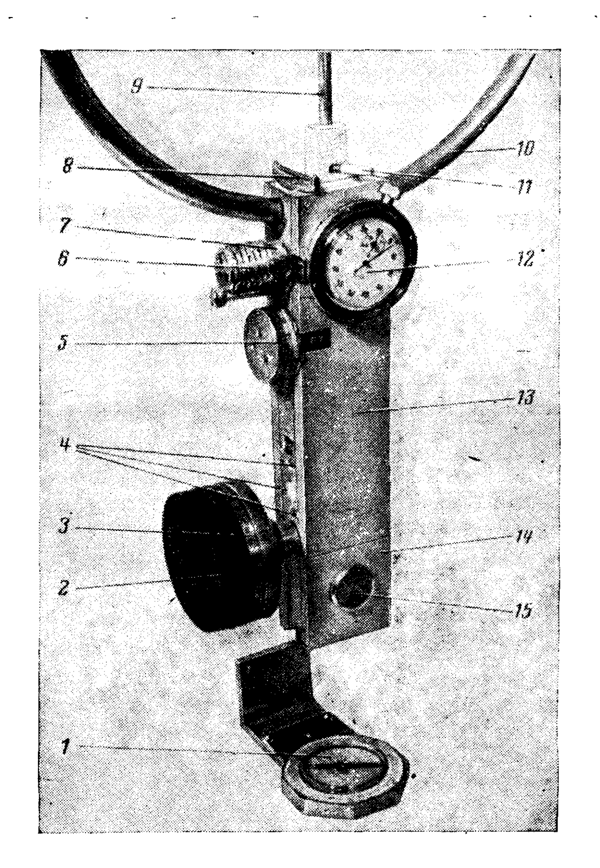


Рис. 55. Внешний вид приемника диапазона 80 м с дополнительным оборудованием.

ся шкала частот *7* и устройство для оперативной установки частот «лис» и приводной станции *6*. Регулировка усиления производится ручкой *5* со ступенчатым механизмом и оцифровкой. Для удобства контроля времени служит секундомер *12*.

Определение азимута производится по магнитному компасу *1*. Компас имеет двойной визир и цену деления шкалы 2°. Переключатели режимов работы *4* расположены на боковых стенках приемника. Основные крышки *13* привинчены винтами М2 через резиновые прокладки, расположенные в пазах. Отсек питания изолированный, крышка *14* съемная, присоединяется винтом *15* с накаткой.

11. Простой приемник на микросхемах

Применение микросхем в любительских конструкциях приводит к значительному упрощению процесса разработки, изготовления и настройки, снижает их массу и повышает надежность. На микро-

схемах серии К237 разработан приемник для диапазона 80 м, отличающийся простотой и доступностью в изготовлении и наладке.

Приемник выполнен по супергетеродинной схеме (рис. 56). Его чувствительность, измеренная в стандартных условиях, не ниже 20 мкВ/м. Обратное ослабление сигнала при включенной штыревой антенне не менее 15 дБ. Избирательность по соседнему каналу при расстройке на ±10 кГц около 20 дБ, избирательность по зеркальному каналу 20 дБ.

Каскады УВЧ, преобразователя и гетеродина собраны на микросхеме К2ЖА371. Здесь происходит усиление и преобразование сигналов в диапазоне 3,5—3,65 МГц в промежуточную частоту 465 кГц. Выделенное в контуре L_2C_{12} напряжение ПЧ через катушку связи L_3 поступает на пьезокерамический фильтр ПФ1П-0,15 (возможно применение фильтра другого типа). Полоса пропускания фильтра 8,5 кГц.

Дальнейшее усиление сигнала осуществляется микросхемой К2ЖА372, которая обеспечивает также детектирование сигналов промежуточной частоты. Контур L_4C_{20} служит для сужения полосы пропускания усилителя.

Автоматическая регулировка усиления в приемнике не используется. В связи с этим в микросхеме К2ЖА372 ее необходимо заблокировать соединением выводов *6* и *8*. Продетектированное напряжение ПЧ усиливается усилителем НЧ, собранном на микросхеме К2УС372. На выходе микросхемы включен головной телефон типа ТОН-2 с сопротивлением обмотки 1600 Ом.

Для приема телеграфных сигналов имеется телеграфный гетеродин, собранный на транзисторе T_3. Приемник также имеет тон-генератор (мультивибратор) на транзисторах T_1 и T_2. Тон-генератор модулирует сигнал промежуточной частоты.

Питается приемник от батареи «Крона».

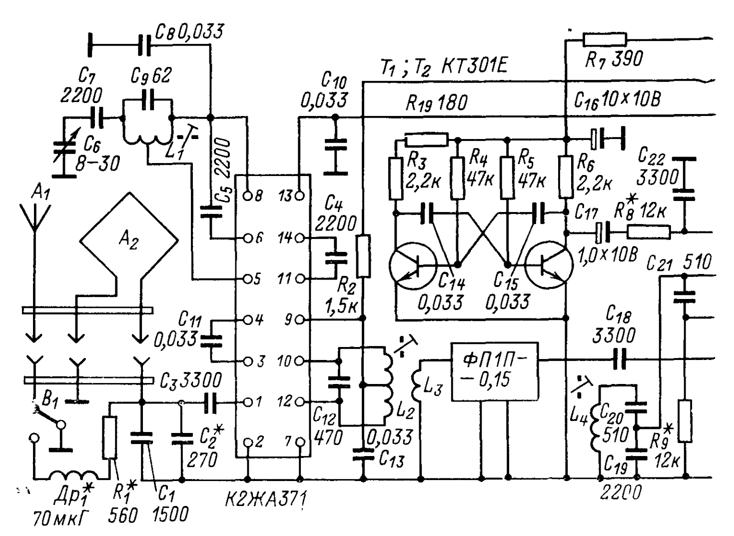


Рис. 56. Принципиальная схема

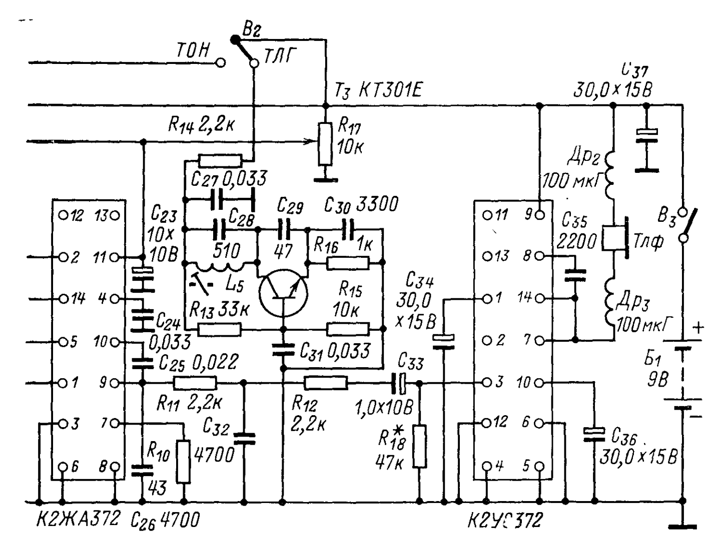
Конструктивно приемник собран в корпусе из листового алюминия толщиной 1,5 мм. Габариты приемника без антенны 195×45×30 мм.

Антенна съемная. Ее устройство и крепление такие же, как и у приемников «Лес-3,5» и «Лес-28», серийно выпускаемых отечественной промышленностью.

Таблица 6

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Каркас
L_1	60, отвод от 15 витка	ПЭЛШО-0,1	Унифицированный 4-секционный каркас КВ контура
L_2	2×80, отвод от середины	ПЭВ-1 0,1	Контур К-9 от радиоприемника „Соната"
L_3	40	ПЭВ-1 0,1	На одном каркасе с L_2
L_4	99	ПЭВ-1 0,06	Контур К-9 от радиоприемника „Соната"
L_5	99	ПЭВ-1 0,06	Контур К-9 от радиоприемника „Соната"

Весь монтаж выполнен на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита. Размеры платы и расположение деталей на ней показаны на рис. 57. Данные контуров приведены в табл. 6.



приемника на микросхемах.

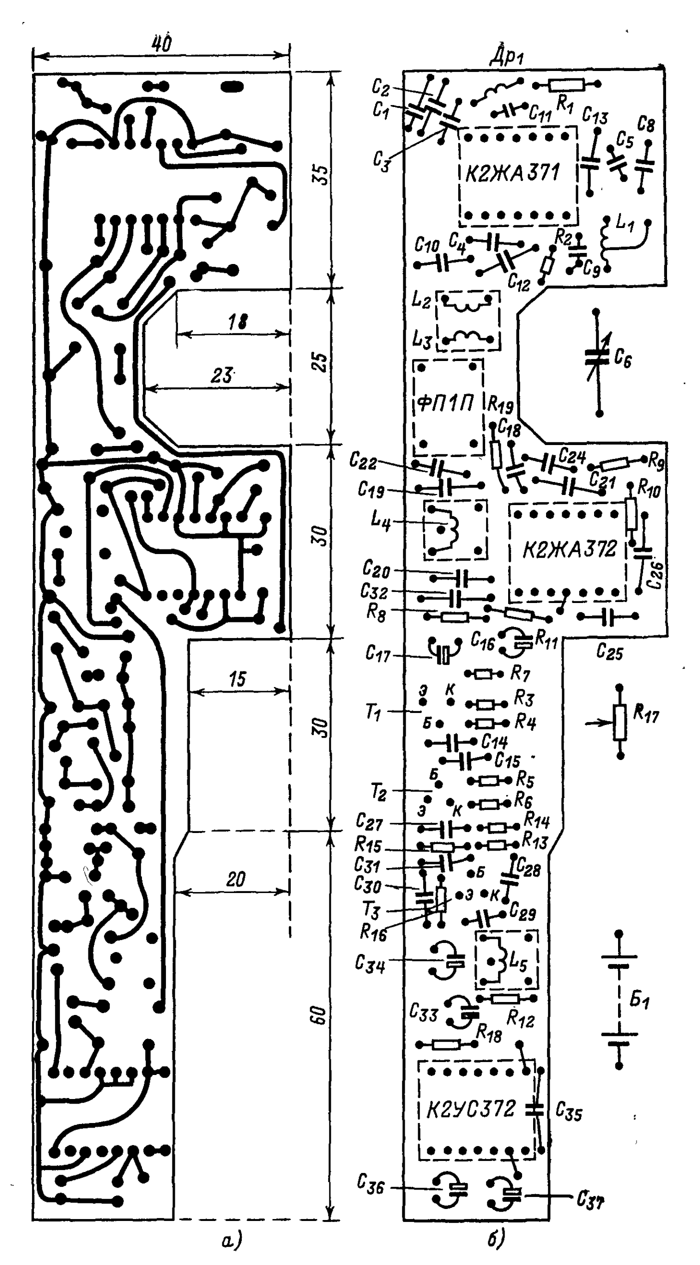


Рис. 57. Печатная плата (*а*) и расположение на ней деталей приемника на микросхемах (*б*).

Налаживание приемника особенностей не имеет и практически сводится к подстройке контуров на соответствующие частоты. Следует помнить, что применение низкоомных телефонов или закорачивание телефонных гнезд может привести к выходу из строя микросхемы. Описание микросхем серии К237 приведено в [74].

12. Пеленгатор помех в СВ диапазоне

Описываемая конструкция предназначена для оперативного обнаружения источников радиопомех в диапазоне 0,7—1,8 МГц. Приемник собран по супергетеродинной схеме. Чувствительность не ниже 20 мкВ/м. Избирательность по соседнему каналу не ниже 20 дБ. Обратное ослабление кардиоиды около 12 дБ. Глубина регулировки усиления более 70 дБ. Питание осуществляется от аккумуляторной батареи 7Д-0,1 или от батареи «Крона-ВЦ». Потребляемый ток не превышает 15 мА.

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 58. Прием ведется на магнитную антенну A_2 в сочетании со штыревой A_1. Входной колебательный контур выполнен по трансформаторной схеме. Коэффициент трансформации равен 10. Часть сигнала с входного контура через катушку связи L_2 подается на УВЧ, выполненный на транзисторе T_1 по схеме с общей базой. Для того чтобы усилитель был более широкополосным, в его коллекторную цепь включен резистор R_3. Высокочастотный сигнал, снимаемый с нагрузки R_3, через конденсатор C_4 подается на смеситель, собранный на транзисторе T_2, по схеме с общей базой.

Гетеродин приемника выполнен на транзисторах T_9 и T_{10}.

Выбранная схема гетеродина обеспечивает высокую стабильность генерируемых колебаний. Колебания гетеродина через катушку связи L_{12} подаются в базовую цепь смесителя. Для плавной настройки приемника применен блок конденсаторов переменной емкости вместе с верньером от радиоприемника «Планета». Блок конденсаторов может быть заменен любым другим подобного типа.

Напряжение ПЧ выделяется в контуре L_3C_5, который является первым звеном трехконтурного ФСС. Связь между контурами емкостная. Напряжение ПЧ с емкостного делителя C_9, C_{10} поступает на первый каскад УПЧ, выполненный по схеме с общей базой. Второй УПЧ собран по каскодной схеме.

В качестве детектора используется диод $Д_1$. Продетектированный сигнал усиливается в каскадах УНЧ.

Детектор помимо своей основной роли служит еще для управления частотой тон-генератора переменной частоты, который модулирует несущую частоту в приемнике. Тон-генератор собран по схеме блокинг-генератора на транзисторе T_{12}.

Пеленгатор выполнен в корпусе из листового дюралюминия толщиной 1 мм. Размеры корпуса и размещение деталей в нем показаны на рис. 59. Все каскады собраны на отдельных монтажных платах и помещены в различные отсеки. Монтажные платы выполнены из стеклотекстолита. В качестве монтажных опорных стоек используются отрезки посеребренного провода толщиной 1,0 мм.

Крепление ферритовой и штыревой антенн осуществляется напротив входного отсека с наружной стороны корпуса при помощи изолирующих планок из фторопласта, которые одновременно являются и защитным футляром для феррита. Ферритовый стержень

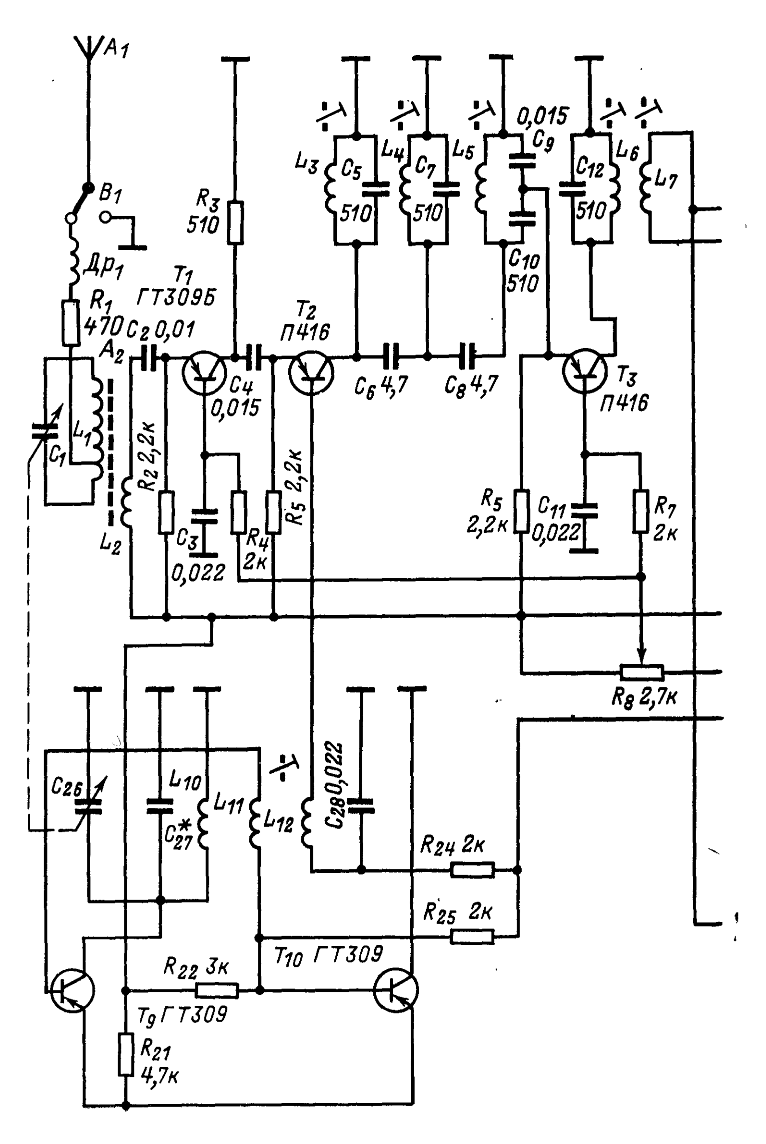
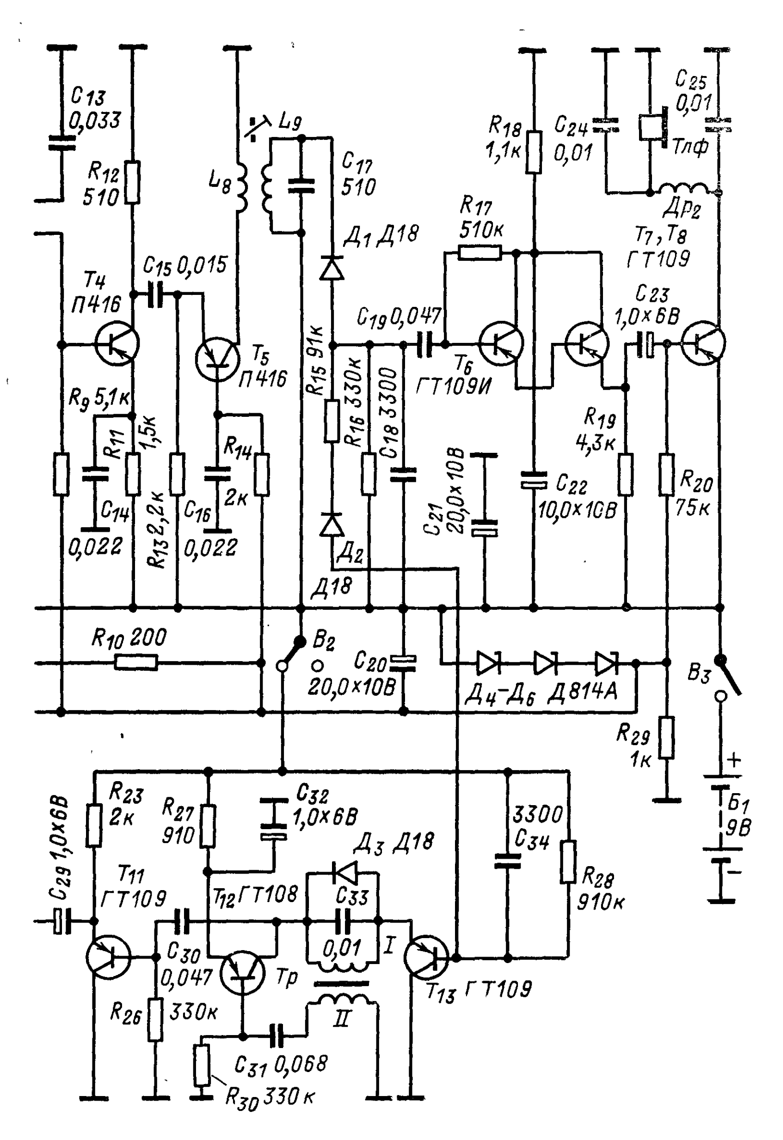


Рис. 58. Принципиальная



ма пеленгатора помех.

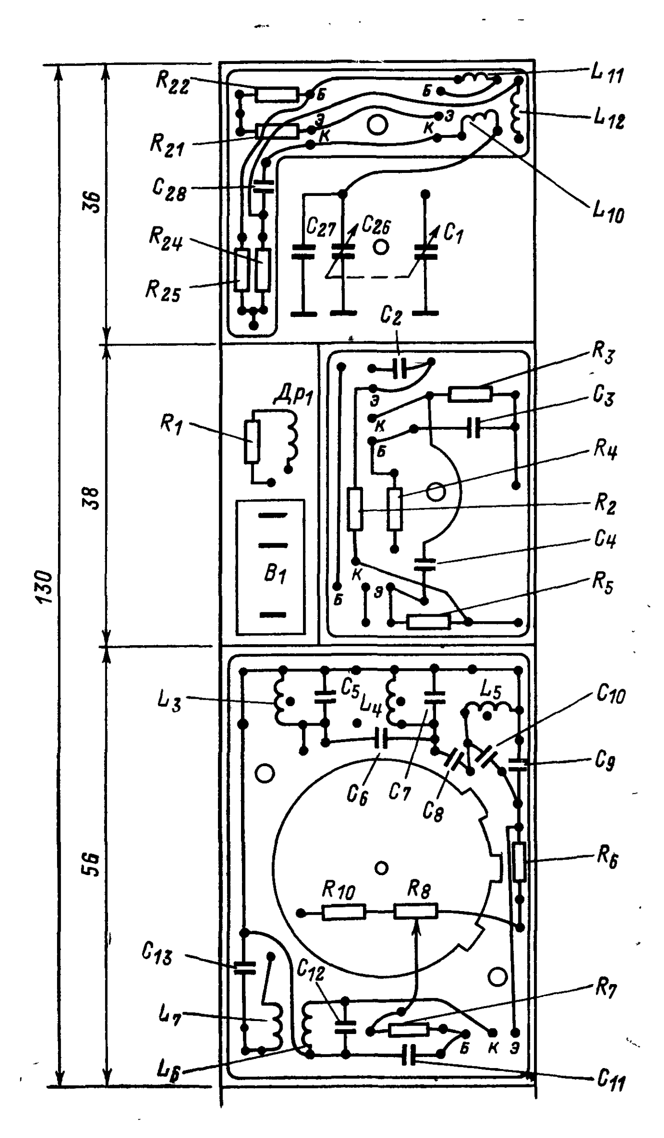
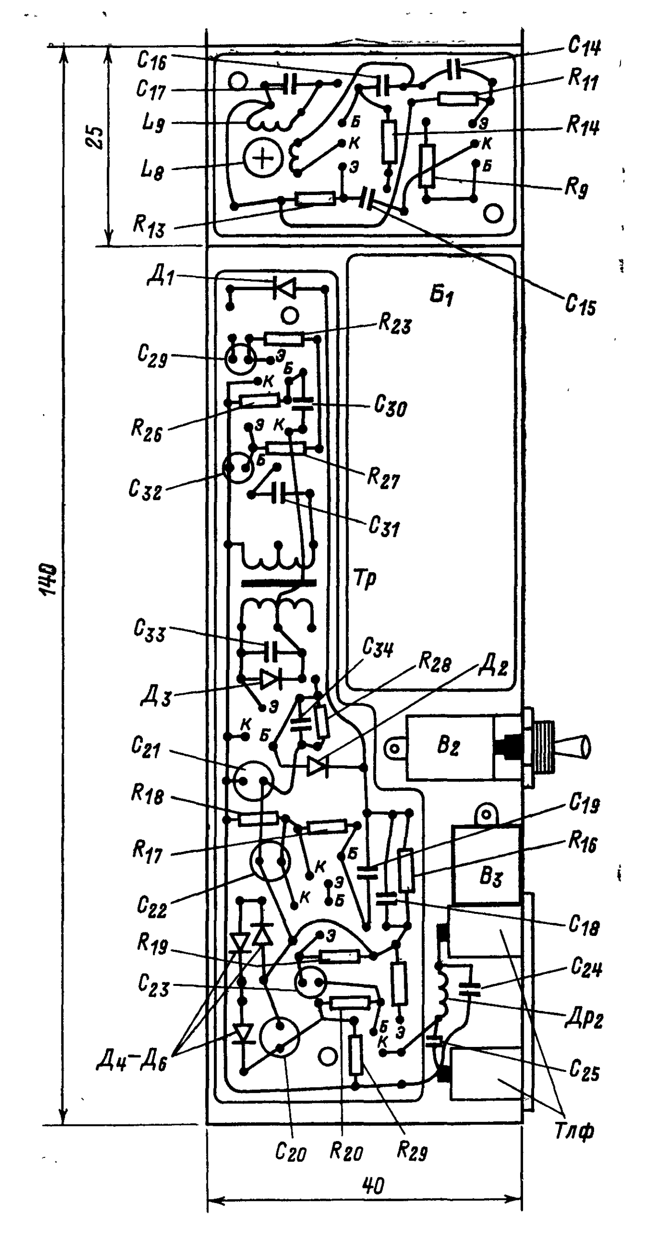


Рис. 59. Расположение деталей



пеленгатора помех на плате.

магнитной антенны марки 400НН, диаметр его 8 и длина 130 мм. Катушка L_1 содержит 70 витков провода ЛЭШО 7×0,07, намотанных в один слой виток к витку. Отвод подбирается экспериментально по наилучшей форме диаграммы направленности при включенной штыревой антенне. Катушка связи L_2 намотана поверх и содержит 7 витков провода ПЭВ-2 0,22.

В ФСС применены контуры К-9 от радиоприемника «Соната». Они содержат по 99 витков провода ПЭВ-1 0,06. На контуре К-11 того же приемника намотаны катушки L_{16} и L_{17}, содержащие соответственно 99 и 5 витков. Катушки L_8 и L_9 последнего фильтра ПЧ намотаны проводом ПЭВ-1 0,1 на трехсекционном унифицированном каркасе. Обмотка L_9 (120 витков) намотана поверх обмотки L_8 (40 витков).

Гетеродинные катушки намотаны на унифицированном четырехсекционном полистироловом каркасе и снабжены ферритовым сердечником. В трех верхних секциях размещена катушка L_{10}, содержащая 99 витков (3×33) провода ПЭВ-1 0,1, в нижней — катушки L_{11} и L_{12}, содержащие по 10 витков провода ПЭЛШО 0,1.

Трансформатор Tp_1 выполнен на пермаллоевом сердечнике из пластин Ш8, толщина набора 8 мм. Обмотка *I* содержит 1800, а обмотка *II* 300 витков провода ПЭВ-1 0,1. Возможно применение согласующего трансформатора от любого карманного приемника. Методика налаживания данного приемника аналогична описанным выше.

13. Приемник прямого преобразования

Изготовление приемника-пеленгатора по супергетеродинной схеме может вызвать у начинающих радиолюбителей некоторые трудности, поэтому начать следует с более простых конструкций.

Простой высокочувствительный приемник может быть собран по схеме прямого преобразования [40, 75, 76]. Такими приемниками часто пользуются начинающие коротковолновики. Перспективным является приемник прямого преобразования и в «охоте на лис».

Ниже приведено описание приемника, работающего в диапазоне частот 3,5—3,65 МГц и выполненного по схеме прямого преобразования на микросхемах серии К237. Структурная схема приемника показана на рис. 21,*г*. Приемник состоит из усилителя высокой частоты *УВЧ*, балансного смесителя *СМ*, гетеродина *Г* и усилителя низкой частоты *УНЧ*.

Для снижения перекрестных помех, возникающих из-за прямого детектирования мешающих модулированных сигналов, смесительный детектор в приемнике прямого преобразования обязательно должен быть балансным в отношении входного сигнала. Смеситель должен быть балансным и в отношении гетеродина для уменьшения излучения сигнала гетеродина в эфир. Между антенным устройством и балансным смесителем часто включают усилитель высокой частоты, что позволяет повысить чувствительность приемника и обеспечить хорошую развязку гетеродина с антенной.

С учетом изложенного был разработан приемник, излучение которого прослушивалось радиопеленгатором с чувствительностью 5 мкВ/м на расстоянии не далее 5—7 м, что вполне удовлетворяет правилам соревнований по «охоте на лис».

Принципиальная схема приемника приведена на рис. 60. Сигнал от антенны подается на вход УВЧ, который совместно с балансным

8—544

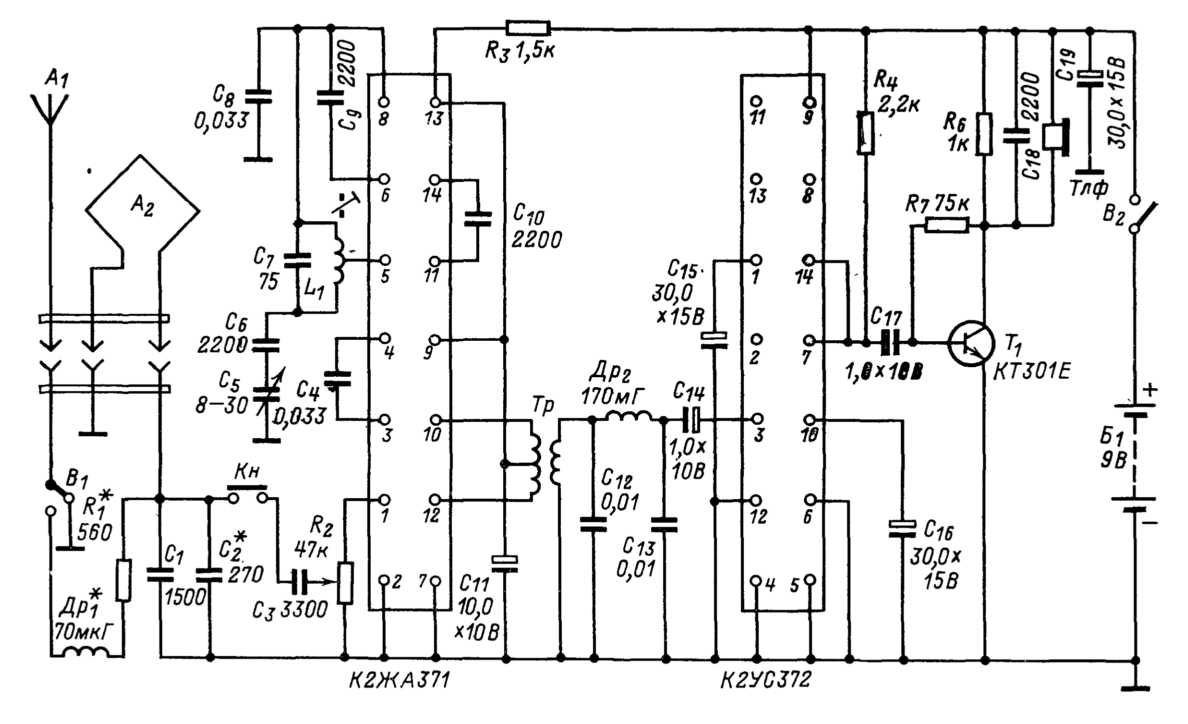


Рис. 60. Принципиальная схема приемника прямого преобразования.

смесителем и гетеродином выполнен на микросхеме К2ЖА371. В нагрузке балансного смесителя в результате смешения частот ВЧ сигнала и гетеродина выделяются колебания разностной частоты. Эти колебания имеют широкий спектр низкой частоты. Для выделения нужных сигналов служит фильтр нижних частот (ФНЧ), собранный на дросселе $Др_2$ и конденсаторах C_{12}, C_{13}. Фильтр ослабляет сигналы соседних станций, отстоящих от частоты гетеродина более чем на 3 кГц. Поскольку в полосу пропускания попадают сигналы, частоты которых лежат как выше, так и ниже частоты гетеродина, то фактическая полоса пропускания приемника равна 6 кГц.

Усилитель низкой частоты собран на микросхеме типа К2УС372 и транзисторе T_1 и особенностей не имеет. Выход приемника рассчитан на подключение высокоомных телефонов.

Монтаж приемника выполнен печатным способом на плате из фольгированного стеклотекстолита. Расположение деталей показано

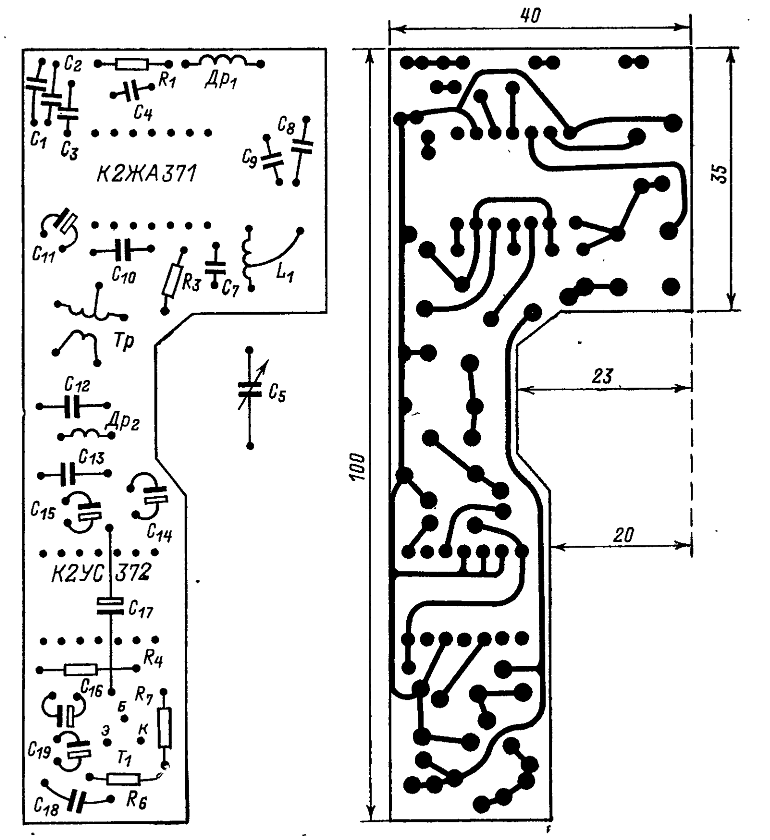


Рис. 61. Расположение деталей приемника прямого **преобразования.**

на рис. 61. Катушка гетеродина L_1 намотана на унифицированном 4-секционном каркасе от КВ контура и содержит 60 витков провода ПЭЛШО-0,1. Отвод сделан от 15-го витка.

Трансформатор смесителя *Тр* намотан на кольцо с сердечником из феррита. Первичная обмотка имеет индуктивность 10 мГ. Отвод сделан от середины. Вторичная обмотка имеет индуктивность 0,3 мГ. Дроссель $Др_2$ намотан также на кольце из феррита и имеет индуктивность 170 мГ. Размеры сердечников могут быть любыми, но обязательно должны иметь тороидальную форму (Ш-образные сердечники могут стать своеобразными магнитными антеннами и принимать помехи). Дроссель $Др_1$ подбирается при согласовании штыревой антенны с рамочной. В качестве антенного устройства используют рамочную антенну от радиоприемника «Лес».

Питается приемник от аккумулятора 7Д-0,1 или от батареи «Крона-ВЦ». Возможно использование двух батарей типа 3336Л, соединенных последовательно.

Применение микросхем сводит к минимуму налаживание приемника. Режим работы транзистора T_1 устанавливается резистором R_7. Напряжение на коллекторе должно быть 4,5 В. Частота гетеродина может быть установлена с помощью любого приемника, имеющего диапазон частот 3,5—3,65 МГц.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ПЕРЕДАЮЩАЯ АППАРАТУРА

14. Основные параметры и требования к аппаратуре

Следует напомнить, что в соответствии с законодательством, установленным в нашей стране, на постройку (приобретение) и эксплуатацию приемно-передающих радиостанций (в том числе и передатчиков для «охоты на лис») необходимо получить разрешение от Государственной инспекции связи. Все необходимые сведения, касающиеся этого вопроса, изложены в Инструкции Министерства связи СССР «О порядке регистрации и эксплуатации любительских приемно-передающих радиостанций индивидуального и коллективного пользования» [77] от 25 февраля 1967 г., с которой можно ознакомиться в местной радиошколе или комитете ДОСААФ.

Диапазон частот. Работа передатчика осуществляется на одной из фиксированных частот в диапазонах 3,5—3,65 МГц, 28,0—29,7 МГц и 144—146 МГц.

Мощность. Одним из основных параметров передатчика, определяющим дальность его действия, является мощность. Необходимая мощность передатчика определяется из расчета расстояния с учетом условий распространения радиоволн. Для осуществления уверенного приема напряженность поля в месте приема должна составлять 20—30 мкВ/м. При идеальных условиях распространения радиоволн мощность передатчика для получения подобной напряженности поля может быть весьма малой (десятки милливатт). Практикой установлено, что для передатчика с радиусом действия 5—6 км мощность излучения может составлять около 1—2 Вт для всех диапазонов. Для тренировок и отработки техники ближнего поиска можно применять передатчики с мощностью излучения 0,1—0,5 Вт.

Стабильность. Частота излучаемых передатчиком колебаний отклоняется от начального значения под воздействием ряда деста-

билизирующих факторов. Действие этих факторов приводит к непрерывному изменению частоты во времени. Поэтому к основным характеристикам передатчика в первую очередь относятся номинальное значение частоты и ее нестабильность. Абсолютная нестабильность частоты равна максимальному уходу частоты передатчика в процессе работы относительно номинального значения:

$$\Delta f = |f - f_0|.$$

Абсолютная нестабильность еще не позволяет оценить, насколько стабилен передатчик. Одно и то же значение нестабильности, например $\Delta f = 500$ Гц, на частоте 144 МГц свидетельствует о весьма хорошей стабильности, а на частоте 3,5 МГц — сравнительно низкой. Поэтому целесообразнее пользоваться понятием относительной нестабильности. Относительная нестабильность частоты передатчика равна $\Delta f / f_0$ [78].

Относительное отклонение частоты от начального значения (первый цикл работы передатчика) не должно превышать $(1-5)10^{-4}$. Такие требования предъявляются к передающей аппаратуре, предназначенной для проведения ответственных соревнований; для тренировок можно использовать передатчики с худшей стабильностью частоты, однако за время проведения тренировки (1—5 ч) частота не должна выйти за пределы диапазона.

Побочные излучения. Для передатчика весьма важное значение имеет обеспечение требований в отношении фильтрации побочных излучений, расположенных за пределами диапазона. Средняя мощность побочных излучений на гармониках, поступающих к антенне, должна быть не менее чем на 40 дБ ниже уровня средней мощности на рабочей частоте.

Габариты и масса. Из конструктивных требований к передатчикам важнейшими являются такие требования, как габариты и масса. Для проведения соревнований и тренировок с применением автоматически работающих «лис» масса передатчика не должна превышать 2—3 кг. Это позволит, не пользуясь транспортом для развоза «лис», весьма эффективно проводить как тренировки, так и соревнования.

Надежность. Надежность существенно зависит от влияния климатических условий эксплуатации, а также некоторых других факторов, например механических воздействий (ударов, вибраций). Среднее время безотказной работы передатчика должно быть не менее 600—800 ч.

Промышленный к. п. д. передатчика характеризуется величиной

$$\eta_{п} = P_{А} / P_{п},$$

где $P_{А}$ — мощность высокой частоты, отдаваемая в антенну; $P_{п}$ — мощность, потребляемая передатчиком.

Повышение к. п. д. вызвано необходимостью уменьшения габаритов передатчика и массы источников питания. Работа передатчика должна быть рассчитана не менее чем на 100 циклов без замены источников питания или подзарядки аккумуляторов.

15. Структурные схемы передатчиков

Передатчики могут быть выполнены по схеме прямого усиления, с автоматической подстройкой частоты (АПЧ) или использовать эффект синхронизации высокочастотных колебаний стабильными низкочастотными.

В структурной схеме (рис. 62,*а*) задающий генератор *Зг* является источником ВЧ колебаний, а в остальных каскадах осуществляется усиление сигнала по мощности *УС* и умножение частоты *УЧ* в случае работы задающего генератора на частоте, в несколько раз меньшей рабочей. Основными недостатками схемы прямого усиления является относительно большое число каскадов на диапазоне 2 м для передатчика с мощностью излучения 2 Вт и необходимость использования отдельного кварца на каждый из диапазонов.

От этих недостатков свободна схема передатчика с автоматической подстройкой частоты (рис. 62,*б*) [79], принцип работы которой состоит в следующем. Автогенератор работает на частоте излучения. Между автогенератором и антенной может включаться каскад усиления мощности *ВК* или же автогенератор непосредственно связывается с антенной. Так как стабильность автогенератора невелика, для стабилизации используется система АПЧ. Для создания опорного сигнала служит специальный задающий генератор. Идея построения схемы передатчика сводится к тому, что в ней усиление по мощности в каскадах ВЧ заменяется усилением по напряжению в каскадах ПЧ. Усиление по напряжению в каскадах ПЧ требует значительно меньших энергетических затрат, чем усиление по мощности в ВЧ каскадах. Следовательно, промышленный к. п. д. передатчика будет больше. Несомненным достоинством схемы является возможность применения одного кварца в задающем генераторе для всех трех диапазонов (в диапазонах 10 и 2 м используются гармоники основного кварца) и возможность получения практически любой частоты в диапазоне, для чего требуется только изменить частоту настройки контуров ПЧ. Однако из-за своей сложности и недостатков, присущих схемам с АПЧ (малая стабильность и инерционность), эта схема не получила широкого распространения.

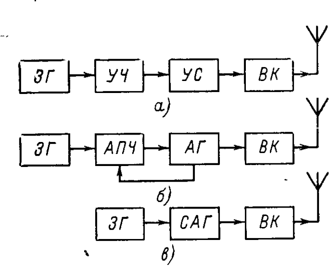


Рис. 62. Структурные схемы передатчиков.

Структурная схема, изображенная на рис. 62,*в*, позволяет уменьшить общее число каскадов, повысить промышленный к. п. д. и использовать один кварц для трех диапазонов. В этой схеме используется эффект синхронизации ВЧ колебаний стабильными НЧ колебаниями; при этом для задающего генератора подходит любой кварц, гармоники которого находятся в диапазоне синхронизируемых частот. Здесь выходным каскадом может служить синхронизируемый автогенератор *АГ* либо дополнительный каскад усиления по мощности. Стабильность частоты определяется НЧ синхронизирующим сигналом малой мощности, причем мощность синхронизирующего сигнала в 30—50 раз меньше выходной [80].

При выполнении передатчика по структурной схеме (рис. 62,*а*) для диапазона 2 м можно использовать ВЧ генератор диапазона 10 м и приставку параметрического умножителя частоты (ТПУ).

При создании передатчика необходим хотя бы простой расчет его структурной схемы, позволяющий определить оптимальное число

каскадов, выбрать режим работы и типы транзисторов для получения высокого к. п. д.

Выходной каскад любого передатчика в значительной мере определяет его энергетические и эксплуатационные показатели. Поэтому в первую очередь следует правильно выбрать тип транзистора для выходного каскада. Полезная мощность в цепи коллектора транзистора выходного каскада $P_к$ отличается от мощности в нагрузке $P_н$ из-за потерь в промежуточных контурах:

$$P_н = P_к \eta_т,$$

где $\eta_т$ — к. п. д. трансформирующей цепи. При правильном согласовании коллекторной цепи оконечного каскада с нагрузкой к. п. д. трансформирующей цепи мало отличается от единицы и $P_к \approx P_н$. Желательно, чтобы транзистор оконечного каскада в режиме усиления отдавал необходимую мощность при коэффициенте усиления по мощности $K_p \geqslant 10$. В крайнем случае можно использовать транзисторы $K_p \geqslant 3$, но при этом увеличивается число каскадов и, следовательно, ухудшается промышленный к. п. д. передатчика. Для получения приемлемого усиления рабочая частота передатчика должна быть примерно в 2 раза ниже предельной частоты генерации $f_г$ транзистора.

Если один транзистор не обеспечивает необходимой мощности, можно использовать параллельное включение двух транзисторов; при этом K_p и к. п. д. генератора практически не ухудшаются.

Коэффициент усиления по мощности также зависит и от режима работы оконечного каскада.

Для получения высокого к. п. д. транзистор выходного каскада должен работать с отсечкой коллекторного тока. Для уменьшения рассеиваемой мощности и повышения к. п. д. коллекторной цепи выбирается такой режим работы транзистора, при котором ток через коллектор проходит импульсами. Такой режим обеспечивается соответствующим выбором смещения и амплитуды возбуждения.

Работа транзисторов оконечного каскада характеризуется двумя основными режимами — ключевым и недонапряженным. В ключевом режиме, при открытом эмиттерном переходе транзистор находится в насыщении, а в недонапряженном — в активном состоянии [81]. Существуют еще два режима, занимающие промежуточные положения: перенапряженный режим — в нем длительности активного состояния и состояния насыщения соизмеримы, а также критический являющийся граничным между недонапряженным и перенапряженным.

В диапазонах 10 и 2 м следует использовать недонапряженный и критический режим, так как ключевой режим не приемлем для осуществления АМ из-за больших искажений. В диапазоне 80 м генератор с обычной резонансной нагрузкой, работающий в ключевом режиме, позволяет получить к. п. д. коллекторной цепи, превышающий 90%.

Потери мощности в транзисторе зависят и от формы коллекторного напряжения. Наибольшие потери будут при гармонической форме коллекторного напряжения. Для уменьшения потерь необходимо уплощение формы напряжения на коллекторе, что достигается соответствующим выбором нагрузки коллекторной цепи или специальной формой возбуждающего напряжения [81].

При выборе транзистора следует учитывать значение коллекторного напряжения $E_к$. При малых $E_к$ может заметно ухудшиться

$K_р$ и к. п. д. коллекторной цепи. Принято считать высоким к. п. д. более 60% и низким — менее 40%.

Для оконечных каскадов передатчика рекомендуется использовать типы транзисторов, приведенные в табл. 7.

При выборе типа транзистора следует учитывать полярность питающего напряжения по отношению к корпусу. Схема упрощается, если полярность включения позволяет соединить по постоянному току общий вывод транзистора с его корпусом и корпусом передатчика.

Таблица 7

Диапазон, м	Тип транзистора	$P_н$, Вт	$K_р$
80	П602АИ КТ801* КТ802* КТ805* КТ903*	2—5 2—5 5—10 5—10 5—10	10 12 20 30 50
10	П609* КТ603* КТ606* КТ904*	1 0,2—0,5 1,5—2 3—5	7 10 20 15
2	ГТ612А КТ603* КТ606* КТ904*	0,5 0,5 1—1,5 1,5—3	10 3 8 5

* С любым буквенным индексом.

Промежуточные каскады включают между оконечным и задающим каскадами, они представляют собой усилители мощности либо умножители частоты. После определения значения $K_р$ выходного каскада можно определить мощность, необходимую для его возбуждения:

$$P_в = P_н / K_р. \quad (19)$$

Так же как и в выходном каскаде колебательная мощность в коллекторной цепи транзистора отличается от мощности возбуждения $P_в$ на величину к. п. д. цепей связи $\eta_{ц.с}$

$$P_{п.к} = P_в / \eta_{ц.с}. \quad (20)$$

Обычно для уменьшения нестабильности нагрузки на режим возбуждающего каскада межкаскадный контур делается с низким к. п. д. (0,5—0,8) [81]. Практически для промежуточных каскадов на мощность в нагрузке выходного каскада не более 1—2 Вт можно использовать транзисторы типов П416, КТ603, КТ608, ГТ311 и КТ606 с любыми буквенными индексами.

Приведенные рекомендации позволяют ориентировочно определить число промежуточных каскадов (в режиме умножения $K_р$ и к. п. д. ниже). Число каскадов зависит также от мощности задающего генератора.

Задающие генераторы служат для создания колебаний ВЧ. Основное требование, предъявляемое к задающему генератору — обеспечение требуемой стабильности частоты генерируемых колебаний. Все многообразие существующих схем задающих генераторов по способу стабилизации частоты можно разбить на две группы: задающие генераторы с параметрической стабилизацией, обеспечивающие стабильность частоты не выше 10^{-4}, и задающие генераторы с кварцевой стабилизацией частоты, позволяющие получить стабильность 10^{-7}—10^{-6} и выше [82].

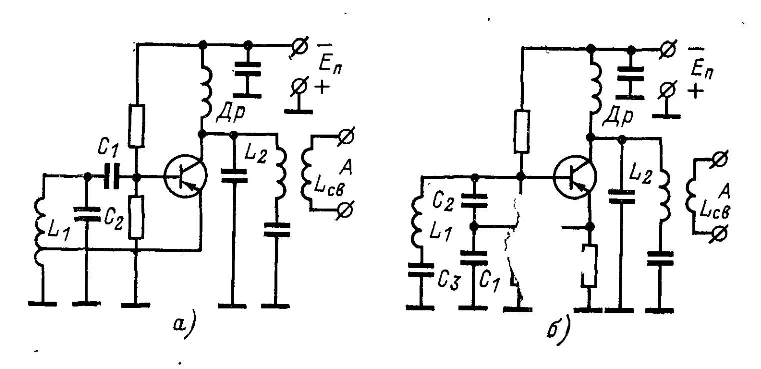


Рис. 63. Схемы *LC*-генераторов на одном транзисторе.

Задающий генератор с параметрической стабилизацией обычно представляет собой однокаскадный транзисторный генератор, работающий в режиме самовозбуждения (автогенератор). Стабильность простых *LC*-генераторов зависит от того, в какой степени может быть уменьшено влияние на колебательную цепь связанного с ней активного элемента-транзистора, а также и от того, насколько стабильны параметры самих элементов при изменении окружающей температуры.

Хорошие результаты получают при выполнении *LC*-генератора по двухконтурной схеме (рис. 63,*а*, *б*). Преимуществом таких схем автогенератора по сравнению с одноконтурными является значительное ослабление влияния последующих каскадов на стабильность частоты за счет подключения следующего каскада не к контуру в цепи базы (внутреннему), определяющему частоту генерируемых колебаний, а к коллекторному (внешнему). Уменьшить влияние нагрузки можно, если контур настроить на одну из гармоник колебаний во внутреннем контуре.

Еще большего ослабления влияния последующих каскадов на частоту можно добиться в схемах автогенераторов с использованием двух транзисторов (рис. 64,*а*). В этих схемах входная цепь транзистора усилительного каскада с общей базой включена в цепь коллектора первого транзистора, на котором собран автогенератор. Входное сопротивление усилительного каскада значительно меньше выходного сопротивления первого транзистора, поэтому влияние изменений режима второго транзистора на стабильность частоты существенно ослабляется.

Стабильность частоты в схеме, приведенной на рис. 64,*б*, зависит от отношения емкостей конденсаторов C_1, C_2 и C_3. Лучшая стабильность достигается в случае, когда конденсаторы C_1 и C_2 имеют наибольшую емкость, а C_3 — наименьшую. С другой стороны,

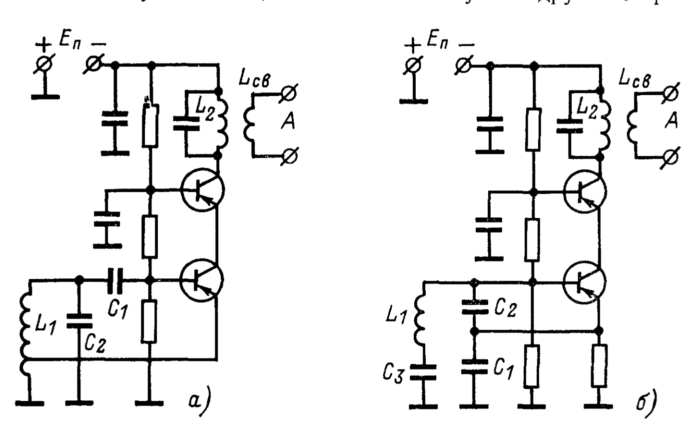


Рис. 64. Схемы автогенераторов на двух транзисторах.

для обеспечения устойчивой генерации нужно уменьшать емкость конденсаторов C_1 и C_2 и увеличивать C_3. Практически подбирают такие наибольшие значения емкостей C_1 и C_2 (и наименьшие C_3), при которых еще достигается устойчивая генерация.

16. Причины нестабильности частоты и способы ее уменьшения

На стабильность автогенераторов большое влияние оказывают: механические деформации отдельных деталей, изменения температуры окружающей среды, непостоянство напряжений источников питания, изменение нагрузки, изменение влажности воздуха [83].

Механические деформации отдельных деталей автогенератора приводят к изменению индуктивности или емкости его колебательного контура, а следовательно, и к изменению генерируемой частоты.

На частоту генератора оказывает влияние взаимное расположение монтажных проводов. Изменение места расположения этих проводов приводит к изменению емкости по отношению к корпусу. Для устранения этой причины необходимо стремиться к рациональному конструированию отдельных деталей автогенератора и их правильному монтажу.

Детали автогенератора должны обладать высокой механической прочностью. При изготовлении катушек индуктивности необходимо следить, чтобы в результате сотрясений не смещались отдельные витки. Для увеличения жесткости монтажа следует использовать жесткий одножильный провод или выполнять монтаж автогенератора на печатной плате.

Изменение температуры окружающего воздуха может привести к значительному изменению частоты автогенератора. Под влиянием

изменений температуры происходит изменение параметров транзисторов, а также геометрических размеров отдельных деталей автогенератора, вследствие чего изменяются индуктивность и емкость колебательного контура. Размеры деталей и относительная диэлектрическая проницаемость изоляционных материалов с повышением температуры увеличиваются, в результате чего собственная частота контура автогенератора уменьшается.

Существует три способа температурной компенсации собственной частоты контуров. Первый способ — самокомпенсация — заключается в том, что детали контура изготовляют из специальных материалов, параметры которых при колебаниях температуры практически не изменяются.

Второй, наиболее распространенный способ — термокомпенсация — позволяет более простыми средствами получить высокую стабильность собственной частоты контура. Для термокомпенсации применяют специальные керамические конденсаторы с отрицательными температурными коэффициентами емкости. Включение такого конденсатора в контур будет компенсировать изменение частоты. В качестве термокомпенсирующих применяют керамические конденсаторы с диэлектриком из тиконда. Расчет схемной термокомпенсации описан в литературе [84].

Третий способ сводится к поддержанию постоянной температуры колебательного контура, для чего контур помещают в термостат. Этот способ хотя и позволяет получить лучшую стабильность частоты, чем в двух предыдущих, тем не менее не применяется в конструкциях передатчиков для «охоты на лис» как сложный и неэкономичный.

На стабильность частоты автогенератора существенным образом влияет влажность воздуха. Появление водяной пленки на поверхности деталей изменяет добротность контура. Уменьшить влияние влажности на работу автогенератора можно его герметизацией.

Нестабильность питающих напряжений вызывает изменения емкостей *p-n* переходов транзистора, что приводит к изменению частоты. Так, при изменении питающих напряжений на ±15% частота изменяется в пределах $(1—10)10^{-6}$. Для ослабления влияния нестабильности питающих напряжений контурные конденсаторы устанавливают с большой емкостью, а конденсаторы связи — небольшой; питание автогенератора и по возможности последующего каскада осуществляется от стабилизатора напряжения.

Влияние последующего каскада на частоту автоколебаний определяется вносимой в контур емкостью при связи между каскадами через проходную емкость транзистора (рис. 63 и 64), которая изменяется при расстройке коллекторного контура. Минимальное влияние на частоту автогенератора будет при сопряженной настройке коллекторного контура.

Для ослабления влияния на частоту автогенератора последующих каскадов необходимы тщательная экранировка контура автогенератора, уменьшение связей через источники питания, применение буферных каскадов и апериодической нагрузки. Эти меры позволяют снизить влияние последующих каскадов до значения $(3—5)10^{-6}$.

Общая нестабильность частоты в лучших автогенераторах с параметрической стабилизацией от влияния всех дестабилизирующих факторов составляет $(5—10)10^{-5}$ [85].

Для получения колебаний повышенной стабильности по частоте применяют генераторы с кварцевой стабилизацией. При помощи кварцевой стабилизации можно получить нестабильность 10^{-4}—10^{-5} более простыми средствами, чем при параметрической стабилизации.

Добротность кварца $Q_{кв}=10^4 \div 10^6$, т. е. во много раз превышает добротность обычных электрических контуров. Высокая добротность кварца позволяет получить стабильность частоты кварцевого автогенератора, во много раз превышающую этот показатель у автогенераторов с параметрической стабилизацией.

Для электронных часов в основном применяются кварцевые резонаторы с колебаниями изгиба на частоты 4—20 кГц. Эти резонаторы выпускаются в вакуумном стеклянном баллоне с двумя или тремя электродами. Относительная точность настройки не хуже $\pm(20—50)\cdot 10^{-6}$, относительный уход частоты из-за старения не превышает $\pm(10—15)\cdot 10^{-6}$ за год [86].

В передатчиках для диапазонов 80, 10 и 2 м применяют кварцевые резонаторы с пьезоэлементами, совершающими колебания сдвига по толщине и работающие как на основной, так и на механических гармониках. Резонаторы выпускаются двух типов срезов: АТ и БТ.

Для стабилизации частот в диапазоне 80 м можно применять резонаторы срезов АТ и БТ, работающие на основной частоте. Для диапазона 10 м подходят резонаторы, работающие на основной частоте среза БТ, а также резонаторы срезов АТ и БТ, работающие на нечетных механических гармониках основной частоты.

Для диапазона 2 м в основном применяют резонаторы среза АТ, работающие на гармониках. Частотный диапазон резонаторов среза БТ при работе на гармониках ограничен из-за больших значений $R_{кв}$.

Стабильность частоты генерируемых колебаний и эксплуатационная надежность зависят от рассеиваемой на резонаторе мощности. Для резонаторов, работающих на основной частоте, рассеиваемая мощность должна быть не более 4 мВт, а при работе на гармониках — не более 1 мВт. При увеличении рассеиваемой на резонаторе мощности возрастает деформация и возможно разрушение резонатора. Допустимый уровень возбуждения для кристалла пропорционален его размерам. Для небольших кварцевых пластин, закрепленных в держателе на проводах, допускается гораздо меньший уровень возбуждения, чем для более крупных пластин (до 20 мВт) [85].

17. Простейшие передатчики

Простейший генератор ВЧ для диапазона 80 м изображен на схеме (рис. 65,*а*). Он может быть использован как калибратор для проверки шкалы, контроля чувствительности приемников на всех трех диапазонах, а также для настройки антенн и проведения тренировок в ближнем поиске. Генератор выполнен по схеме емкостной трехточки на двух транзисторах. Особенностью схемы является отсутствие катушек индуктивности и незначительное влияние антенны на генерируемую частоту. В схеме могут быть использованы любые кварцы в диапазоне 3600—3700 кГц, в этом случае гармоники генератора будут прослушиваться в диапазонах 10 м (8-я) и 2 м (40-я). Генератор может работать на антенну длиной до 20 м.

Генератор-калибратор можно выполнить и на одном транзисторе (рис. 65,*б*). В этом случае следует применять антенну длиной не более 1,5 м. Емкость конденсатора C_1 подбирается экспериментально по максимальному напряжению ВЧ на эмиттерном резисторе при подключенной антенне. Вместо транзисторов КТ-315 можно применять любые ВЧ транзисторы. При использовании тран-

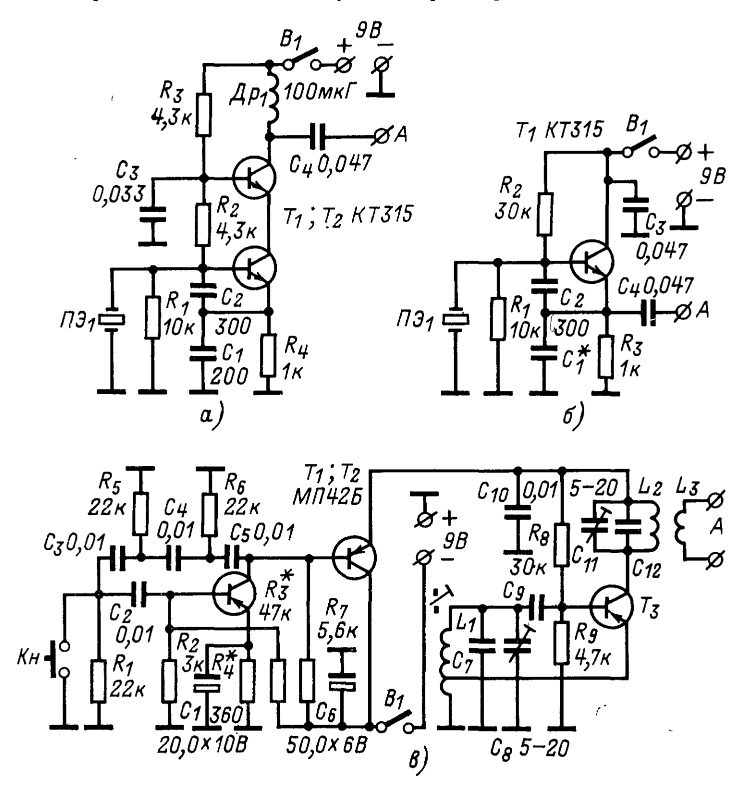


Рис. 65. Схемы простейших ВЧ генераторов.

зисторов прямой проводимости следует изменить полярность питающего напряжения.

Простейший передатчик с параметрической стабилизацией частоты (рис. 65,*в*) предназначен для проведения тренировок на укороченных дистанциях, настройки приемников и антенн. В зависимости от выбранных элементов передатчик может быть выполнен на любой диапазон. В диапазонах 10 и 80 м внутренний контур настраивается на основную частоту, а в диапазоне 2 м — на частоту 72,5 МГц. Модуляция осуществляется с помощью НЧ генератора. При значениях элементов *RC*-цепочки, указанных на схеме, частота генерации $f_г=800$ Гц. Данные элементов передатчика, не обозначенные на принципиальной схеме, приведены в табл. 8

Таблица 8

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Тип намотки	Тип сердечника или каркас
Для диапазона 80 м: T_3 — П416, C_7 — 220 пФ, C_9 — 150 пФ, C_{12} — 180 пФ				
L_1	60, отвод от 4-го витка	ПЭВ 0,25	Рядовая	Оргстекло, диаметр 8 мм
L_2	70	ПЭВ 0,3	То же	Оргстекло, диаметр 12 мм
L_3	8	ПЭВ 0,44	» »	Поверх L_2
Для диапазона 10 м: T_3 — П416Б, C_7 — 47 пФ, C_9 — 68 пФ, C_{12} — 47 пФ				
L_1	12, отвод от 3-го витка	Посеребренный, ⌀0,6 мм	Рядовая, шаг 2 мм	Полистирол, диаметр 8 мм
L_2	12	Посеребренный, ⌀ 1,0 мм	Рядовая, шаг 1,5 мм	То же
L_3	3	ПЭВ 1,0	То же	Поверх L_2
Для диапазона 2 м: T_3 — ГТ313, C_7 — 18 пФ, C_9 — 27 пФ, C_{12} — отсутствует				
L_1	8, отвод от 2-го витка	Посеребренный, ⌀ 1 мм	Рядовая, шаг 1,5 мм	Бескаркасная, наружный диаметр 8 мм
L_2	5	Посеребренный, ⌀ 1,5 мм	То же	То же
L_3	2	ПЭВ 1,0	» »	Между витками L_2

18. Трехдиапазонный передатчик с транзисторным параметрическим умножителем частоты

Передатчик работает в диапазонах 2, 10 и 80 м на одной фиксированной частоте, определяемой кварцевым резонатором. Выходная мощность передатчика в диапазоне 2 м с приставкой ТПУ составляет 1 Вт, а с отдельным генератором ВЧ — 2 Вт. Структурная схема передатчика приведена на рис. 66. При подаче напряжения от ключа стабилизатора *КС* на задающий генератор $ЗГ_1$ возбуждаются автогенераторы с частотами 3,5 МГц или 29 МГц в зависимости от диапазона. С задающего генератора напряжение ВЧ поступает на общий каскад усиления $УС_1$ и затем в зависимости от диапазона — на выходные каскады $ВК_1$ или $ВК_2$. В диапазоне 2 м напряжение ВЧ с выхода $ВК_2$ по ВЧ кабелю подается на каскад *ТПУ*. При работе передатчика с отдельным генератором ВЧ в диапазоне 2 м напряжение от $КС_1$ подается на обмотку реле $Р_1$ и на генератор через контакты $Р_1$ поступает напряжение от источника питания. При этом возбуждается автогенератор $ЗГ_2$ и напряжение

ВЧ поступает на удвоитель частоты, а затем после усиления в усилителе $УС_2$ подается на выходной каскад $ВК_3$.

Принципиальная схема передатчика изображена на рис. 67. Задающий генератор на частоты 3,5 и 29 МГц выполнен на транзисторе T_1 типа П416Б, по схеме емкостной трехточки. Такие генераторы хорошо работают в диапазоне частот от 1 до 30 МГц. В данной схеме кварцевый резонатор включен между базой и коллектором транзистора. Условия самовозбуждения генератора выполняются, если реактивные сопротивления между базой и эмиттером и эмиттером и коллектором будут иметь емкостный характер,

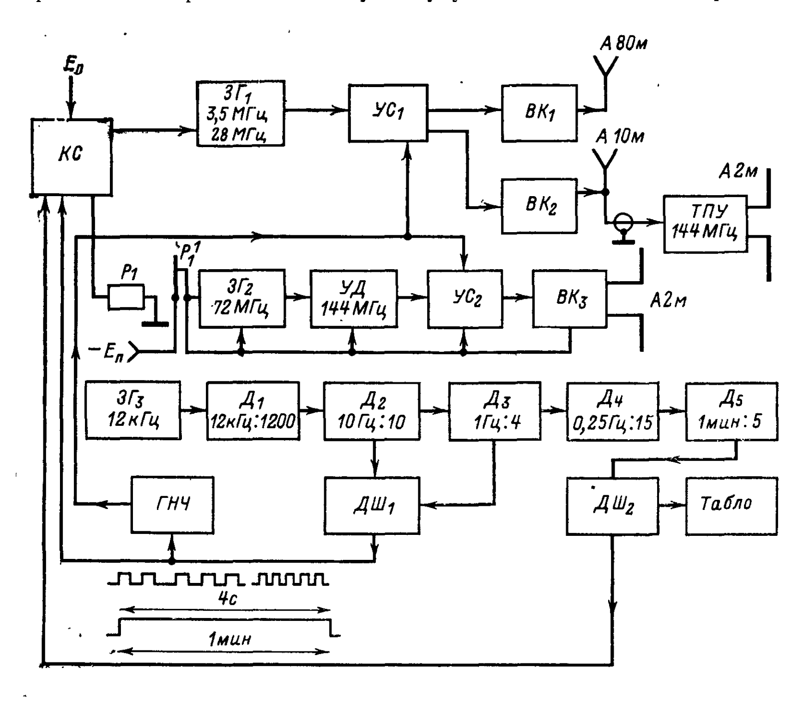


Рис. 66. Структурная схема передатчика с ТПУ.

т. е. коллекторный контур должен иметь емкостную реакцию. Для этого его следует настроить на частоту более низкую, чем рабочая. При этом, если применяются кварцы с основными частотами 5,8 или 9,6 МГц исключается опасность возбуждения на низших номерах гармоник и основной частоте, так как для них контур имеет индуктивную реакцию, в связи с чем оказывается нарушено условие самовозбуждения генератора (баланс фаз).

Достоинством схемы являются ее простота, малая мощность, рассеиваемая на резонаторе, простота наладки, а также возможность построения автогенератора на две частоты простым переключением контуров в коллекторной цепи. Однако схема не свободна и от некоторых недостатков. Так как к резонатору подклю-

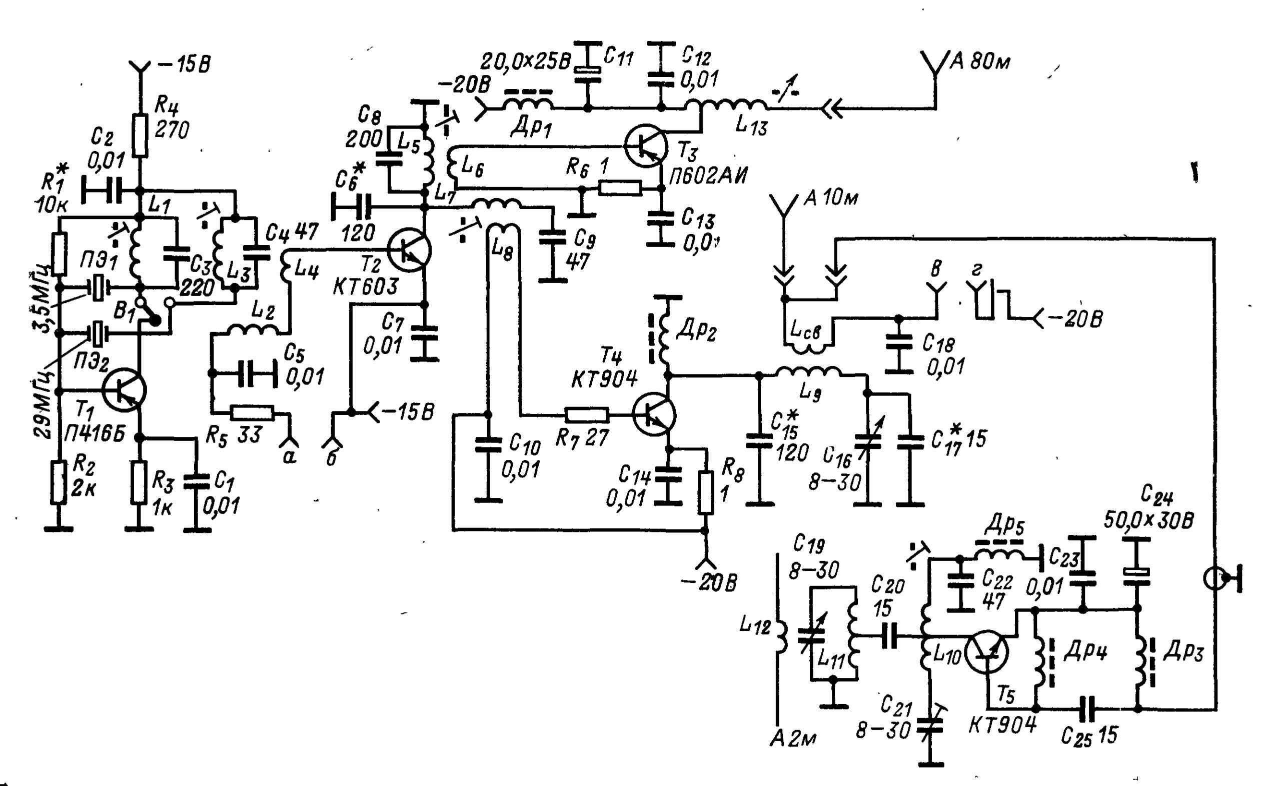


Рис. Принципиальная схема передатчика с ТПУ

чена сравнительно большая емкость цепи возбуждения, то сужаются пределы возможного смещения рабочей точки и по условиям самовозбуждения генерация возможна в сравнительно небольшом участке резонансного интервала. При этом стабильность за счет изменений входной и выходной проводимостей цепи возбуждения падает.

Ослабить связь в пределах, допускаемых амплитудным условием самовозбуждения, можно, подключив параллельно кварцу конденсатор. При увеличении емкости этого конденсатора частота генерации смещается от параллельного резонанса к последовательному, а полное сопротивление резонатора уменьшается. Вследствие этого шунтирующее действие нестабильных проводимостей транзистора на кварц уменьшается и стабильность частоты повышается, хотя при этом падает активность резонатора [87].

С последовательно соединенных катушек связи L_2, L_4 сигнал поступает на усилитель, нагрузкой которого служит система, состоящая из параллельного и последовательного колебательных контуров, включенных параллельно. Характерной особенностью такой нагрузки является то, что контур обладает параллельным резонансом на двух различных частотах и последовательным резонансом на частоте контура L_7C_9. Схема позволяет также без каких-либо переключений усиливать напряжения обеих частот (3,5 и 29 МГц).

Работа передатчика в диапазонах 10 и 2 м осуществляется в режиме A_2 (с амплитудной модуляцией без манипуляции несущей). Амплитудная модуляция осуществляется в предоконечном каскаде (транзистор T_2), для чего в цепь базы транзистора поступает сигнал низкой частоты с трансформатора Tp_1 (см. рис. 78). Модуляция осуществляется изменением напряжения смещения на базе транзистора. Преимуществом базовой модуляции является небольшая требуемая мощность модулятора, поскольку управление осуществляется током базы, и полное использование транзистора T_2 по коллекторному напряжению. К неостаткам базовой модуляции можно отнести низкий к. п. д. каскада и относительно большой коэффициент нелинейных искажений (до 15—20%).

В диапазоне 10 м выходной каскад собран на транзисторе T_4 типа КТ904Б. На вход каскада подается промодулированный высокочастотный сигнал. Важной характеристикой ВЧ каскадов, работающих в режиме усиления АМ колебаний, является линейность их амплитудных характеристик. Получить высокий к. п. д. каскада и хорошую линейность амплитудной характеристики можно лишь при работе усилителя в классе В при точном выборе смещения в базовой цепи, при котором достигаются наименьшие нелинейные искажения. Однако специфика работы спортивных передатчиков (передача информации однотональным кодом Морзе) позволяет работать с большими коэффициентами нелинейных искажений (20—30%), поэтому основным критерием оценки работы выходного каскада следует считать его к. п. д.

Для согласования выходного каскада с антенной используется П-образный фильтр нижних частот, состоящий из катушки индуктивности L_9 и конденсаторов C_{15}—C_{17}. В качестве антенны на диапазоне 10 м применяется отрезок провода длиной 2,5 м ($\lambda/4$).

Выходной каскад диапазона 80 м выполнен по схеме с ОЭ на транзисторе типа П602АИ. Автотрансформаторная схема позволяет

хорошо согласовать выходной каскад с антенной, в качестве которой используется отрезок провода длиной от 1,5 до 20 м.

С катушки связи $L_{св}$ ВЧ напряжение поступает по ВЧ кабелю на параметрический умножитель частоты. Одновременно по ВЧ кабелю на ТПУ поступает НЧ напряжение и напряжение источника питания. Эффект параметрического умножения основан на использовании перехода коллектор — база транзистора в качестве нелинейного конденсатора, емкость которого является функцией приложенного к нему напряжения. В связи с этим, используя нелинейную емкость перехода, можно осуществить умножение частоты в n раз [88]. Транзистор одновременно используется как усилитель и умно-

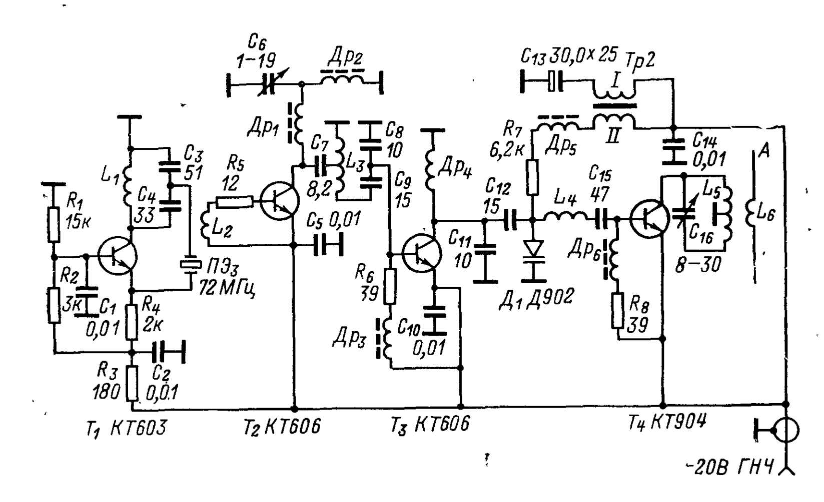


Рис. 68. Схема ВЧ генератора 2 м диапазона с выходной мощностью 3 Вт.

житель частоты. Транзисторный параметрический умножитель собран по схеме с емкостной связью между контурами и позволяет получить полезную мощность на частоте 144 МГц около 1 Вт при мощности сигнала на входе 2 Вт и частоте 29 МГц (умножение на 5). К основным недостаткам ТПУ следует отнести низкий к. п. д. и сложность настройки, но эти недостатки вполне окупаются простотой конструкции.

Для получения выходной мощности 2 Вт на частоте 144 МГц генератор ВЧ выполняют по схеме, приведенной на рис. 68. Задающий генератор собран на транзисторе T_1 типа КТ603 по схеме Батлера. В этой схеме благодаря глубокой отрицательной связи (резистор R_4) и слабой связи с контуром получается хорошая устойчивость к паразитным колебаниям. В задающем генераторе применен малогабаритный кварц с частотой 72 МГц. Каскад удвоения напряжения выполнен по схеме ТПУ на транзисторе T_2 типа КТ606, в коллекторную цепь которого включена колебательная система для осуществления удвоения частоты. Она состоит из контура исходной

Таблица 9

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Тип намотки	Тип сердечника или каркас
L_1	50	ПЭВ 0,25	Рядовая	Полистирол, ∅ 8 мм, сердечник СЦР-2
L_2	3	ПЭВ 0,31	»	Поверх L_1
L_3	12	ПЭВ 0,41	Рядовая, шаг 1 мм	Полистирол, ∅ 8 мм, сердечник СЦР-2
L_4	3	ПЭВ 0,31	То же	Поверх L_3
L_5	50	ПЭВ 0,25	Рядовая	Полистирол, ∅ 8 мм, сердечник СЦР-2
L_6	4	ПЭВ 0,31	»	То же поверх L_5
L_7	15	Посеребренный, ∅ 0,8 мм	Рядовая, шаг 1,25 мм	Полистирол, ∅ 8 мм, сердечник СЦР-2
L_8	3	ПЭВ 0,31	То же	Поверх L_7
L_9	15	Посеребренный, ∅ 1,5 мм	Наружный диаметр 13 мм	Бескаркасная
L_{10}	15	Посеребренный, ∅ 0,6 мм	Рядовая, шаг 1 мм	Керамика, ∅ 8 мм, сердечник СЦР-2
$L_{св}$	3	ПЭВ 1,0	То же	Поверх L_9
L_{11}	5	Посеребренный, ∅ 1 мм	Наружный диаметр 9 мм, шаг 1,25 мм	Бескаркасная
L_{12}	2	Посеребренный, ∅ 1 мм	То же	Поверх L_{11}
L_{13}	80, отвод от 3-го витка	ПЭВ 0,41	Рядовая	Полистирол, ∅ 12 мм
$Др_1$	40	ПЭВ 0,1	»	Кольцо 400НН 7×4×2 мм
$Др_2$	15	ПЭВ 0,31	С переменным шагом	Кольцо 50ВЧ 12×6×4,5 мм
$Др_3$, $Др_4$, $Др_5$	40	ПЭВ 0,1	Рядовая	Кольцо 400НН 7×4×2 мм
Для генератора ВЧ диапазона 2 м с выходной мощностью 2 Вт				
L_1	10	ПЭВ 0,31	Рядовая, шаг 0,5 мм	Кольцо от СБ-23-11а
L_2	2	ПЭВ 0,41	—	Поверх L_1
L_3	5, отвод от 2,5-го витка	Посеребренный, ∅ 1 мм	Наружный диаметр 6 мм, шаг 1 мм	Бескаркасная
L_4		Посеребренный, ∅ 1 мм	То же	»

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Тип намотки	Тип сердечника или каркас
L_5	5, отвод от 2,5-го витка	Посеребренный, ⌀ 1 мм	Наружный диаметр 9 мм, шаг 1,5 мм	Бескаркасная
L_6	2	Посеребренный, ⌀ 0,8 мм	—	Поверх L_5
$Др_1$	12	ПЭВ 0,31	С переменным шагом	Кольцо от СБ-23-11а
$Др_2$, $Др_3$, $Др_5$, $Др_6$	40	ПЭВ 0,1	Рядовая	Кольцо 400НН 7×4×2 мм
$Др_4$	13	ПЭВ 0,6	Наружный диаметр 5 мм, с переменным шагом	Бескаркасная
$Тр_1$	I-2000 II-100 III-50	ПЭВ 0,08 ПЭВ 0,1 ПЭВ 0,21	Внавал	Трансформаторная сталь Ш8×8
$Тр_2$	I-50 II-2000	ПЭВ 0,21 ПЭВ 0,21	»	Пермаллой 79НМ Ш4×4

частоты $Др_1C_6$ и связанного с ним посредством конденсатора C_7 контура выходной частоты $L_3C_8C_9$.

Для получения на выходе умножителя максимальной мощности необходимо выбрать оптимальную связь между транзистором, контурами и нагрузкой. Для этого контур, образованный дросселем $Др_1$ и конденсатором C_6, настраивают на входную частоту, а точку подключения контура выходной частоты подбирают экспериментально и находят примерно на половине витков катушки индуктивности L_3; связь с нагрузкой осуществляется при помощи емкостного делителя (C_8, C_9).

Коэффициент полезного действия удвоителя близок к значению к. п. д. усилителя на той же входной частоте.

В усилителе, собранном на транзисторе T_3 типа КТ606, коллекторной нагрузкой служит П-контур, в состав которого входит и варикап типа Д902. Варикап является элементом связи между усилителем и выходным каскадом. При изменении смещения на варикапе изменяется его емкость; в результате изменяется коэффициент включения выходного каскада в коллекторную цепь усилителя, вызывая изменение мощности возбуждения выходного каскада. При таком способе модуляции требуется малая мощность модулятора, так как емкостное сопротивление варикапа для частоты модуляции велико. Для обеспечения устойчивой работы необходимо правильно обеспечить выбор режима варикапа. Режим задается с помощью резистора R_7; при этом необходимо соблюдение условия, чтобы при

выбранной частоте модуляции $R_7 \leqslant 1/10 f_{нч} C_в$, где $C_в$ — емкость варикапа.

Моточные данные катушек контуров передатчика приведены в табл. 9.

19. Трехдиапазонный передатчик на НЧ кварцах

Передатчик работает в диапазонах 80, 10 и 2 м на одной фиксированной частоте, определяемой кварцевым резонатором. Выходная мощность передатчика 2 Вт.

Структурная схема передатчика приведена на рис. 69. Задающий генератор $ЗГ_1$ работает на частоте 7,2 МГц. Выбор кварца с этой частотой определен тем, что у радиолюбителей не всегда могут оказаться в наличии резонаторы на частоту 3,5 МГц, а могут быть кварцы от радиостанций старых типов. Напряжение ВЧ от $ЗГ_1$ поступает на регенеративный делитель частоты *РДЧ*, далее на усилитель *УС* и затем на выходной каскад $ВК_1$.

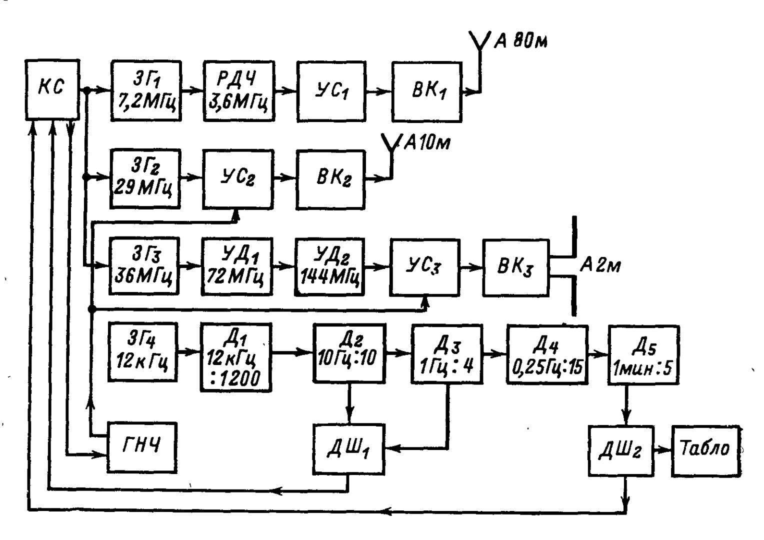


Рис. 69. Блок-схема передатчика с НЧ кварцами.

В задающем генераторе диапазона 10 м ($ЗГ_2$) применен кварц на частоту 5,9 МГц, работающий на пятой гармонике основной частоты. Напряжение ВЧ затем усиливается усилителем $УС_2$ и выходным каскадом $ВК_2$.

В диапазоне 2 м задающий генератор $ЗГ_3$ с кварцем на частоту 7,2 МГц генерирует частоту 36 МГц. После умножения в удвоителях частоты $УД_1$, а затем в $УД_2$ напряжение с частотой 144 МГц поступает на усилитель $УС_3$, в котором одновременно также осуществляется и модуляция. Затем модулированное ВЧ напряжение поступает на выходной каскад $ВК_3$.

Принципиальная схема генераторов ВЧ диапазонов 80 и 10 м изображена на рис. 70, а диапазона 2 м — на рис. 71.

Задающий генератор диапазона 80 м выполнен по схеме емкостной трехточки с кварцем на частоту 7,2 МГц. Напряжение ВЧ от $ЗГ_1$ поступает на регенеративный делитель частоты (транзистор T_2), в котором в зависимости от применяемого кварца осуществляется деление на 2, 3 или 4. Для деления частоты использован автогенератор с частотой 3,5 МГц, в котором соответствующим подбором сопротивлений резисторов R_8 и R_9 добиваются срыва автоколебаний при отсутствии напряжения ВЧ на входе.

При подаче на вход транзистора T_2 напряжения ВЧ с частотой задающего генератора на выходе делителя появится напряжение с частотой 3,5 МГц. Относительная ширина полосы синхронизации в этой схеме должна быть не менее 4—5%. Форма напряжения на выходе близка к синусоидальной.

Назначение каскада, собранного на транзисторе T_3 — уменьшить влияние выходного каскада на регенеративный делитель частоты.

Выходной каскад диапазона 80 м собран на транзисторе типа КТ903 по схеме с общим коллектором. Применение мощного транзистора повышает надежность передатчика; ему не страшны перегрузки, которые могут возникнуть при неправильной эксплуатации — настройкой передатчика без антенны или обрыв антенны. Схема с общим коллектором позволяет использовать в качестве радиатора корпус передатчика.

Настройка выходного каскада осуществляется при помощи катушки индуктивности L_5, внутри которой перемещается ферритовый стержень.

В задающих генераторах диапазонов 10 и 2 м резонатор включается в плечо моста, образованного частями витков катушки, симметричными относительно заземленной средней точки, и конденсатором C_3. При этом участок база — эмиттер транзистора оказывается в диагонали моста, сбалансированного на всех частотах, кроме гармоники кварца, на которую настроен коллекторный контур. В этих условиях при соответствующем выборе элементов схемы генератор самовозбуждается.

Напряжение ВЧ с задающего генератора поступает на транзистор T_2. Здесь, как и в передатчике с ТПУ, осуществляется амплитудная модуляция на варикапе. Варикап служит элементом связи с оконечным каскадом. С усилителем варикап связан при помощи контура L_4, C_{18}, C_{19}. При помощи конденсатора C_7 колебательная система настраивается в резонанс. Изменением емкости конденсатора C_8 и положения отвода катушки индуктивности L_3 обеспечивается необходимый режим работы варикапа.

Выходной каскад работает в режиме усиления амплитудно-модулированных колебаний. Особенности его работы в этом режиме были описаны ранее при рассмотрении передатчика с приставкой ТПУ.

В диапазоне 2 м напряжение от задающего генератора поступает на удвоитель частоты (транзистор T_2 типа КТ603), в котором умножение частоты осуществляется при работе генератора с отсечкой коллекторного тока.

Удвоитель частоты (144 МГц) выполнен на транзисторе T_3 типа КТ606 и работает в режиме параметрического умножения частоты, особенности работы которого были описаны выше. Выходной каскад передатчика диапазона 2 м особенностей не имеет.

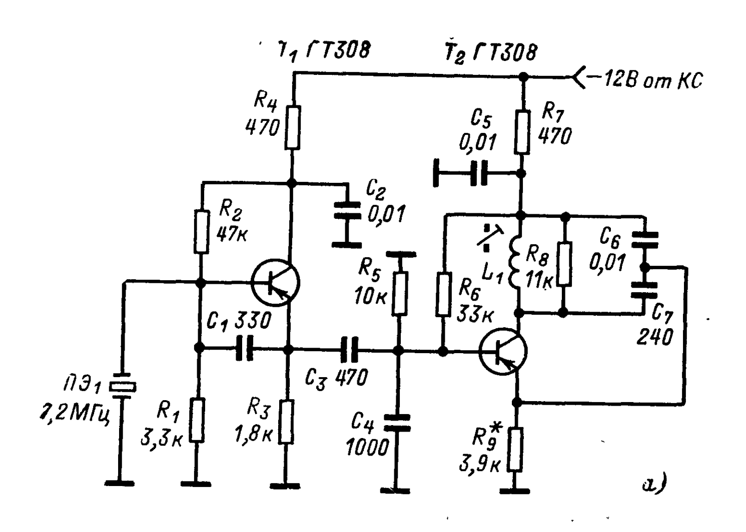
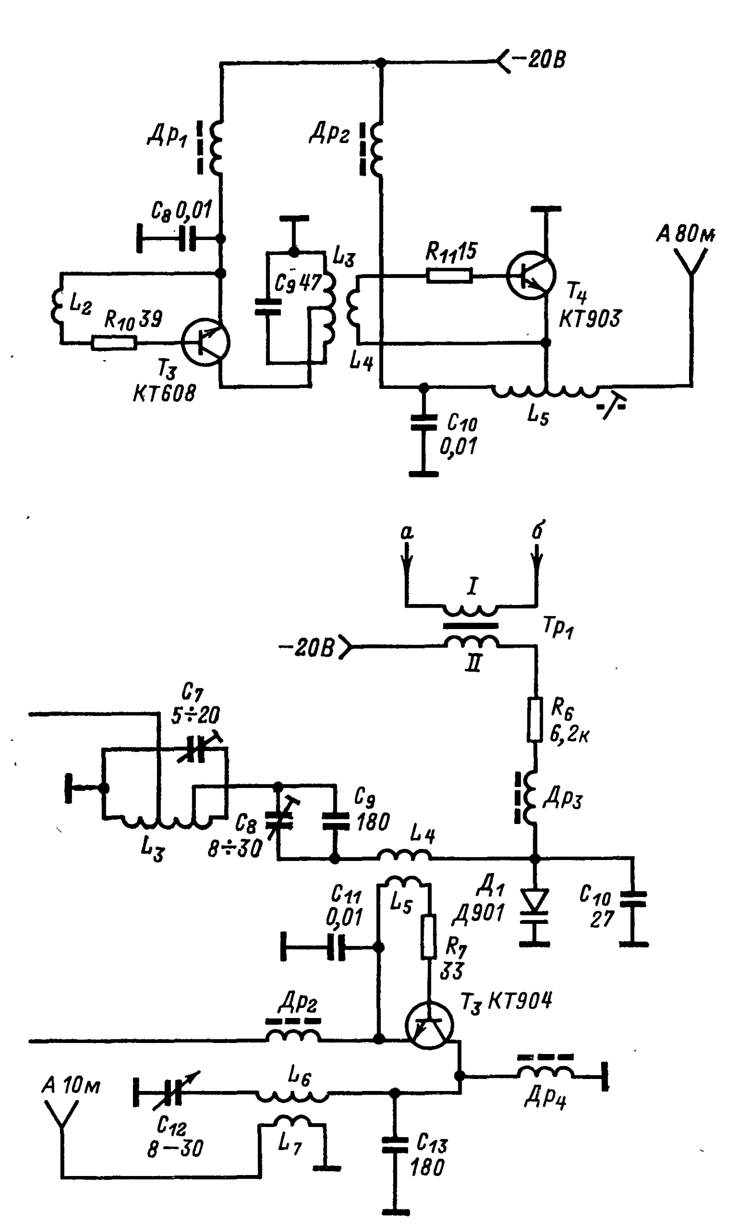


Рис. 70. Схемы ВЧ генераторов



иапазонов 80 м (*а*) и 10 м (*б*).

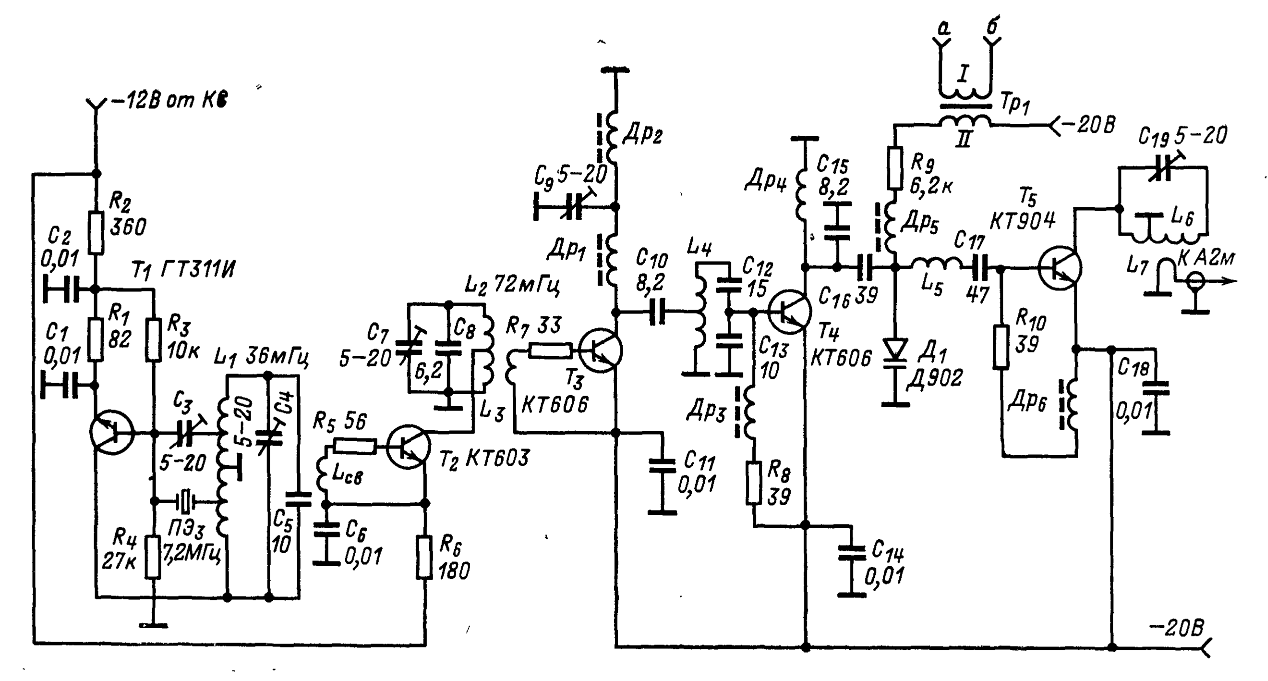


Рис. 71. Схема ВЧ генератора диапазона 2 м.

Таблица 10

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Тип намотки	Тип сердечника или каркас
		Генератор ВЧ диапазона 80 м		
L_1	50	ПЭВ 0 25	Рядовая	Полистирол, ∅ 8 мм, сердечник СЦР-2
L_2	3	ПЭВ 0,31	"	Поверх L_1
L_3	60, отвод от 20-го витка	ПЭВ 0,25		Полистирол, ∅ 8 мм
L_4	3	ПЭВ 0,41	"	Поверх L_3
L_5	80, отвод от 3-го витка	ПЭВ 0,41	"	Полистирол, ∅ 12 мм, сердечник 400НН диаметром 8 мм и длиной 30 мм
$Др_1$	40	ПЭВ 0,1	"	Кольцо 400НН 7×4×2 мм
$Др_2$	30	ПЭВ 0,25	"	Кольцо 400НН 12×6×4,5 мм
		Генератор ВЧ диапазона 10 м		
L_1	12, отвод от 3, 6 и 9-го витков	ПЭВ 1,0	Наружный диаметр 10 мм, шаг 1 мм	Бескаркасная
L_2	3	ПЭВ 0,6	То же	Между витками L_1
L_3	7, отвод от 2-го и 4-го витков	Посеребренный, ∅ 1 мм	Наружный диаметр 8 мм, шаг 1 мм	Бескаркасная
L_4	15	ПЭВ 1,0	Наружный диаметр 10 мм, шаг 1 мм	"
L_5	4	ПЭВ 0,6	То же	Между витками L_4
L_6	15	Посеребренный, ∅ 1,5 мм	Наружный диаметр 15 мм, шаг 2 мм	Бескаркасная
L_7	3	ПЭВ 1,0	То же	Между витками L_6
$Др_1$, $Др_2$	30	ПЭВ 0,15	Рядовая	Кольцо 200НН 7×4×2 мм
$Др_4$	15	ПЭВ 0,31	С переменным шагом	Кольцо 50ВЧ 12×6×4,5 мм
$Тр_1$	I-1000 II-2000	ПЭ 0,08 ПЭ 0,08	Внавал "	Пермаллой 79НМ Ш4×4

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Тип намотки	Тип сердечника или каркас
		Генератор ВЧ диапазона 2 м		
L_1	12, отвод от 3, 6, 9-го витков	ПЭВ 1,0	Наружный диаметр 12 мм, шаг 1 мм	Бескаркасная
$L_{св}$	3	ПЭВ 0,6	То же	Между витками L_1
L_2	8, отвод от 3-го витка	ПЭВ 1,0	„ „	Бескаркасная
L_3	2	ПЭВ 0,6	„ „	Между витками L_2
L_4	5, отвод от 2, 5-го витка	Посеребренный, ∅ 1 мм	Наружный диаметр 6 мм, шаг 1 мм	Бескаркасная
L_5	5	Посеребренный, ∅ 1 мм	Наружный диаметр 8 мм, шаг 1 мм	„
L_6	5, отвод от 2-го витка	Посеребренный, ∅ 1 мм	Наружный диаметр 11 мм, шаг 1,5 мм	„
L_7	2	Посеребренный, ∅ 0,8 мм	То же	Между витками L_6
$Др_1$	8	ПЭВ 0,6	Рядовая, шаг 0,5 мм	Кольцо из СБ-23-11*а*
$Др_2$	30	ПЭВ 0,15	Рядовая	Кольцо 200НН 7×4×2 мм
$Др_3$, $Др_5$, $Др_6$	40	ПЭВ 0,1		Кольцо 400НН 7×4×2 мм
$Др_4$	13	ПЭВ 0,6	Наружный диаметр 6 мм, с переменным шагом	Бескаркасная

Передатчик управляется от блока автоматики (см. стр. 143). Тональный генератор выполнен по схеме рис. 78 (с небольшими изменениями). Напряжение питания подается от ключа-стабилизатора, в трансформаторе $Тр_1$ исключена обмотка *3* и конденсатор C_6 подключен положительным выводом к корпусу.

Моточные данные катушек контуров приведены в табл. 10.

20. Трехдиапазонный передатчик с одним кварцем

Передатчик работает в диапазонах 2, 10 и 80 м на одной фиксированной частоте, определяемой кварцевым резонатором. Выходная мощность передатчика составляет 2 Вт. Режим работы

в диапазоне 80 м A_1, в диапазонах 10 и 2 м A_2 с манипуляцией несущей.

Структурная схема передатчика приведена на рис. 72. Она имеет некоторые особенности. Для стабилизации частоты ВЧ генераторов диапазонов 10 и 2 м использованы стабильные колебания более низкой частоты, а в диапазоне 80 м синхронизация осуществляется на субгармонике.

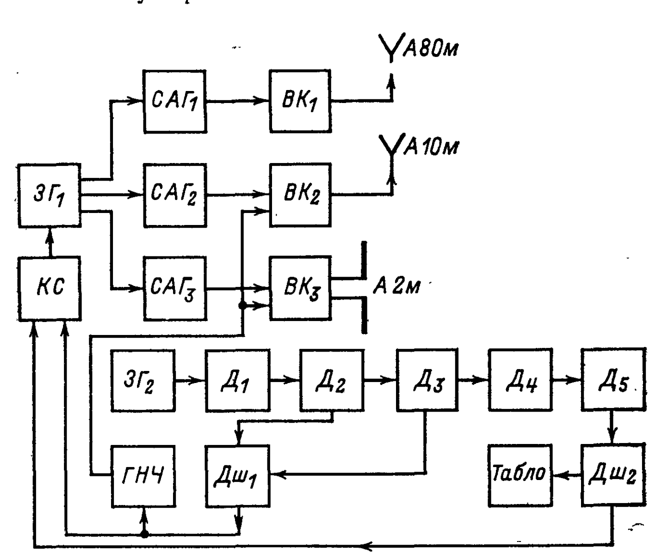


Рис. 72. Структурная схема передатчика с одним кварцем.

Напряжение задающего генератора $ЗГ_1$ (общего для всех диапазонов частот) поступает на синхронизируемые автогенераторы $САГ_1$, $САГ_2$ или $САГ_3$ в зависимости от диапазона. С выхода автогенератора напряжение ВЧ поступает на выходной каскад. При работе в диапазонах 10 и 2 м в выходных каскадах $ВК_2$ и $ВК_3$ осуществляется амплитудная модуляция.

Принципиальная схема передатчика изображена на рис. 73. Кварцевый автогенератор работает на частоте 7,2 МГц; он собран по схеме емкостной трехточки на транзисторе T_1. Через конденсатор связи C_4 напряжение ВЧ поступает на усилитель (транзистор T_2), а затем в зависимости от положения переключателя $B_{1а}$ на один из синхронизируемых автогенераторов.

Задающий генератор можно выполнить и без кварца, например по схеме, приведенной на рис. 74, в которой использована параметрическая стабилизация. Для увеличения стабильности частоты контур задающего генератора герметизируют.

Автогенератор диапазона 80 м работает в режиме деления на два. Автогенератор диапазона 10 м синхронизируется 4-й гармоникой частоты задающего генератора, а автогенератор диапазона 2 м — 20-й гармоникой.

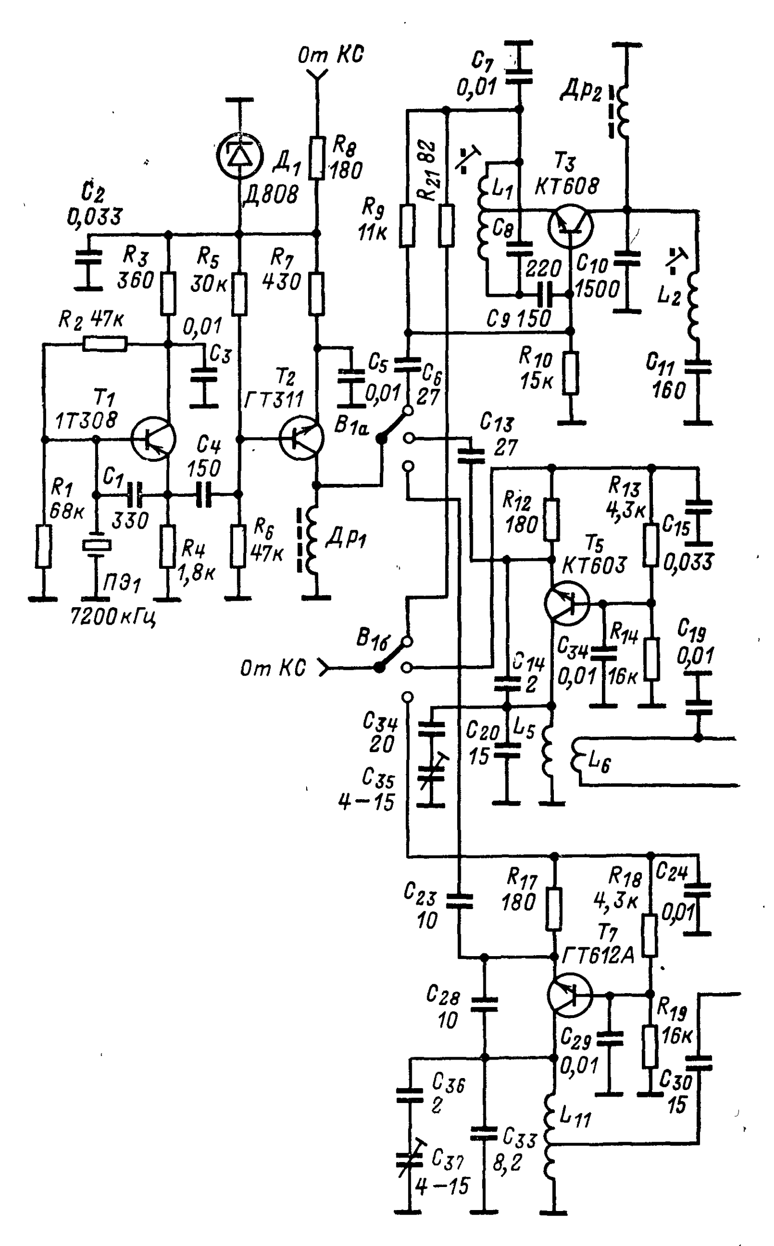
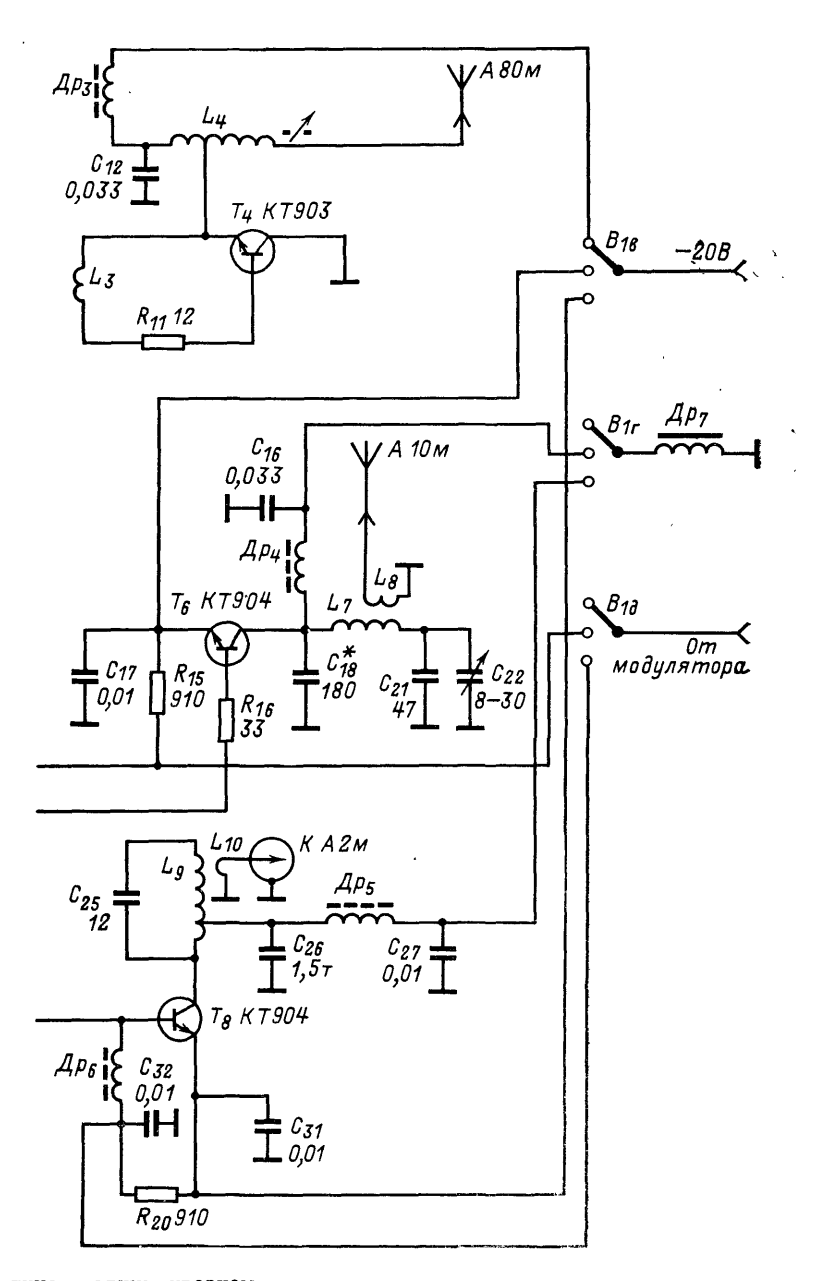


Рис. 73. Схема передат



чика с одним кварцем.

Выходной каскад передатчика диапазона 80 м собран по схеме с общим коллектором на мощном транзисторе типа КТ903.

Выходной каскад передатчика диапазона 10 м собран по схеме с общим эмиттером на транзисторе КТ904, с П-контуром в коллекторной цепи. Выходной каскад диапазона 2 м также собран на транзисторе типа КТ904. Связь коллекторного контура L_9C_{25} с антенной осуществляется посредством высокочастотного кабеля РК-50.

В диапазоне 80 м в качестве антенны используется отрезок провода длиной от 2 до 10 м, в диапазоне 10 м — отрезок провода длиной 2,5 м ($^1/_4\lambda$). В качестве антенны передатчика диапазона 2 м применен полуволновой вибратор с γ-образной схемой согласования, которая обеспечивает точное согласование с коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 50—70 Ом [24].

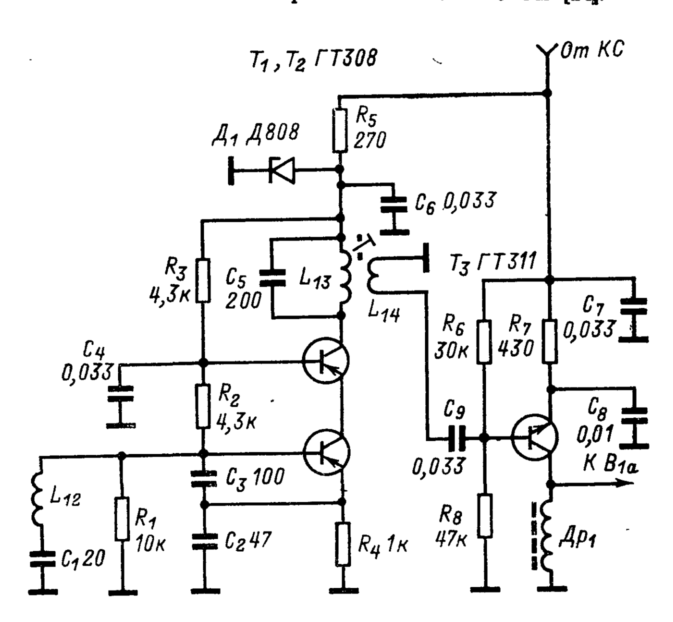


Рис. 74. Схема задающего генератора с параметрической стабилизацией частоты.

На диапазонах 2 и 10 м в выходных каскадах применена автоматическая коллекторная модуляция (АКМ), сочетающая положительные свойства базовой модуляции смещением (малая мощность модулятора) и коллекторной модуляции (высокий к. п. д. модулированного каскада) [89]. Высокочастотные каскады, собранные по приведенной схеме, обладают высоким промышленным к. п. д.

На рис. 75 приведены принципиальные схемы ключа-стабилизатора и RC-генератора. Блок автоматического управления описан ниже.

Моточные данные контуров передатчика приведены в табл. 11.

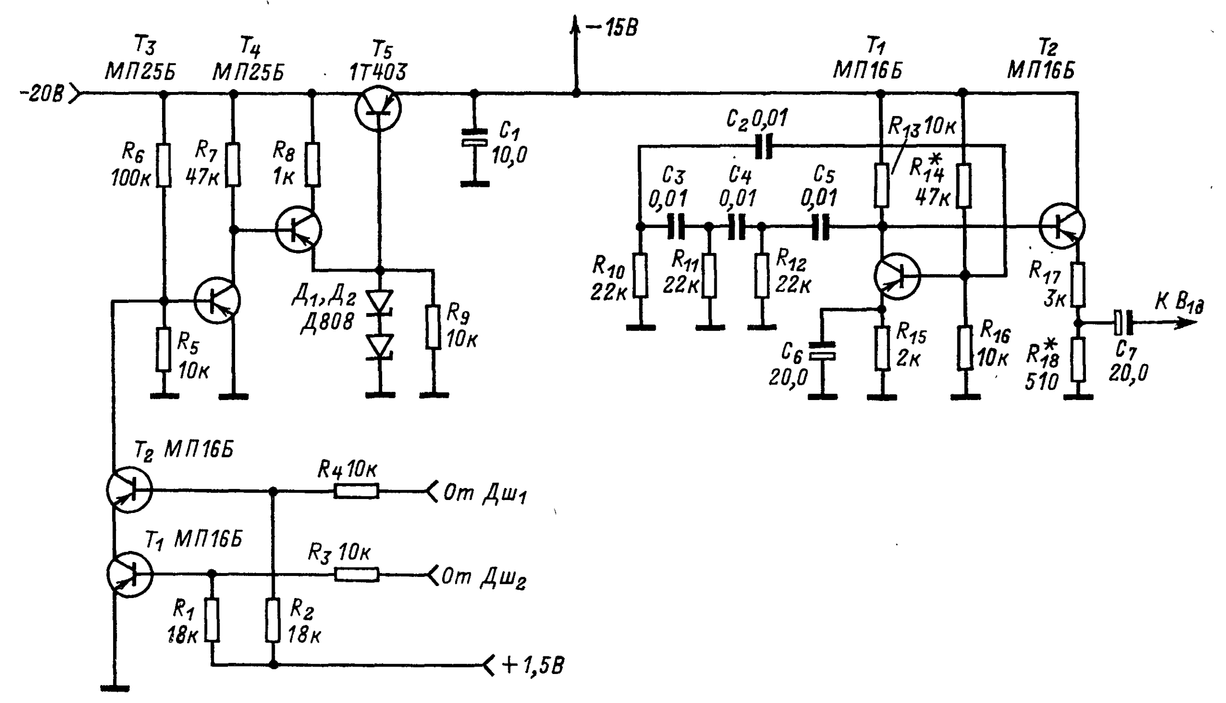


Рис. 75. Схема ключа-стабилизатора и ГНЧ.

Таблица 11

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Тип намотки	Тип сердечника или каркас
$Др_1$	30	ПЭВ 0,15	Рядовая	Кольцо 200НН 7×4×2 мм
$Др_2$	40	ПЭВ 0,1	„	Кольцо 400НН 7×4×2 мм
$Др_3$	30	ПЭВ 0,25	„	Кольцо 400НН 12×6×4,5 мм
$Др_4$	15	ПЭВ 0,31	С переменным шагом	Кольцо 50ВЧ 12×6×4,5 мм
$Др_5$	10	ПЭВ 0,31	То же	Кольцо 20ВЧ 12×6×4,5 мм
$Др_6$	50	ПЭВ 0,09	Рядовая	Кольцо 400НН 7×4×2 мм
$Др_7$	2000	ПЭВ 0,15	Внавал	Трансформаторная сталь Ш8×8
L_1	60, отвод от 4 витка	ПЭВ 0,25	Рядовая	Полистирол, ∅ 8 мм, сердечник СЦР-2
L_2	70	ПЭВ 0,21	„	То же
L_3	3	ПЭВ 0,44	„	Поверх L_2
L_4	80, отвод от 3-го витка	ПЭВ 0,41	„	Полистирол, ∅ 12 мм, сердечник 400НН ∅ 8, длина 30 мм
L_5	12	Посеребренный, ∅ 0,8 мм	„	Керамика, ∅ 10 мм
L_6	2	ПЭВ 0,31	„	Поверх L_5
L_7	15	Посеребренный, ∅ 1,5 мм	Рядовая, шаг 2 мм	Бескаркасная, ∅ 13 мм
L_8	3	ПЭВ 1,0	То же	Поверх L_7
L_9	5, отвод от 2-го витка	Посеребренный, ∅ 1 мм	Рядовая, шаг 1,5 мм	Бескаркасная, ∅ 9 мм
L_{10}	2	Посеребренный, ∅ 0,8 мм	То же	То же
L_{11}	4, отвод от 0,5 витка	Посеребренный, ∅ 1 мм	„	Керамика, ∅ 10 мм
L_{12}	20	ПЭВ 0,21	„	Керамика, ∅ 10 мм
L_{13}	30	ПЭВ 0,25	„	Полистирол, ∅ 8 мм, сердечник СЦР-2
L_{14}	3	ПЭВ 0,41	„	Поверх L_{13}

21. Блок автоматического управления

Блок служит для автоматического управления работой передатчика. Он состоит из электронных часов и манипулятора. Назначение электронных часов состоит в том, чтобы в нужный момент автоматически включить и после отработки цикла выключить передатчик. Манипулятор формирует код Морзе для манипуляции передатчика.

Манипулятор. Конструкции манипуляторов могут быть различными [8, 90 и 91] и содержать мультивибраторы и ждущие блокинг-генераторы. Однако подобные модуляторы обладают рядом существенных недостатков. Во-первых, снижаются температурная стабильность и надежность. Во-вторых, размеры применяемых электролитических конденсаторов большой емкости и импульсных трансформаторов не позволяют сделать этот блок малогабаритным. И, наконец, требуется тщательный подбор резисторов и конденсаторов.

Авторами разработан манипулятор, свободный от перечисленных выше недостатков. Для пояснения принципа построения схемы формирователя рассмотрим основные особенности кода Морзе. Каждому знаку кода Морзе соответствует комбинация из коротких и длинных импульсов тока. Короткий импульс — точка, длинный — тире. Интервал между элементами кода равен длительности точки τ, между буквами 3τ, а между словами 5τ.

Принципиальная схема формирователя кода приведена на рис. 76. Работа формирователя кода происходит следующим образом. На вход первого триггера счетчика, представляющего собой цепочку последовательно соединенных четырех триггеров, поступают импульсы тактовой частоты $f=10$ Гц. Четыре триггера обеспечивают 16 возможных состояний счетчика (2^n, где n — число триггеров), для уменьшения числа состояний до 10 в схему введены цепи обратной связи. На выходах четырех триггеров образуется двоично-десятичный код, который затем преобразуется в десятичный с помощью дешифратора. Дешифратор имеет четыре двоичных входа и 10 выходов, соответствующих определенным комбинациям четырех входных двоичных сигналов. В качестве дешифратора используются логические схемы И на диодах. Выходное напряжение может появиться только на одной из горизонтальных шин в зависимости от состояний триггеров, а остальные горизонтальные шины будут шунтированы диодами и открытыми в данный момент транзисторами триггеров. С выходов горизонтальных шин сигналы поступают на логическую схему ИЛИ (напряжение на выходе этой схемы будет лишь в том случае, если хотя бы на один из ее входов подано напряжение).

На графиках рис. 77 изображен код, который должен обеспечить манипулятор. По оси абсцисс отложено время, по оси ординат — напряжение на выходе логической схемы ИЛИ. Графики приведены для различных интервалов времени: от 0 до 1 с (*а*); от 1 до 2 с (*б*), от 2 до 3 с (*в*); от 3 до 4 с (*г*). Для удобства рассмотрения они расположены вертикально.

Состояния триггеров изменяются с частотой тактового генератора; при этом на выходе схемы ИЛИ всегда будет напряжение. Если в определенный момент времени, например при прохождении третьего импульса (рис. 77,*а*), горизонтальную шину дешифратора зашунтировать, то на выходе схемы ИЛИ на время, равное дли-

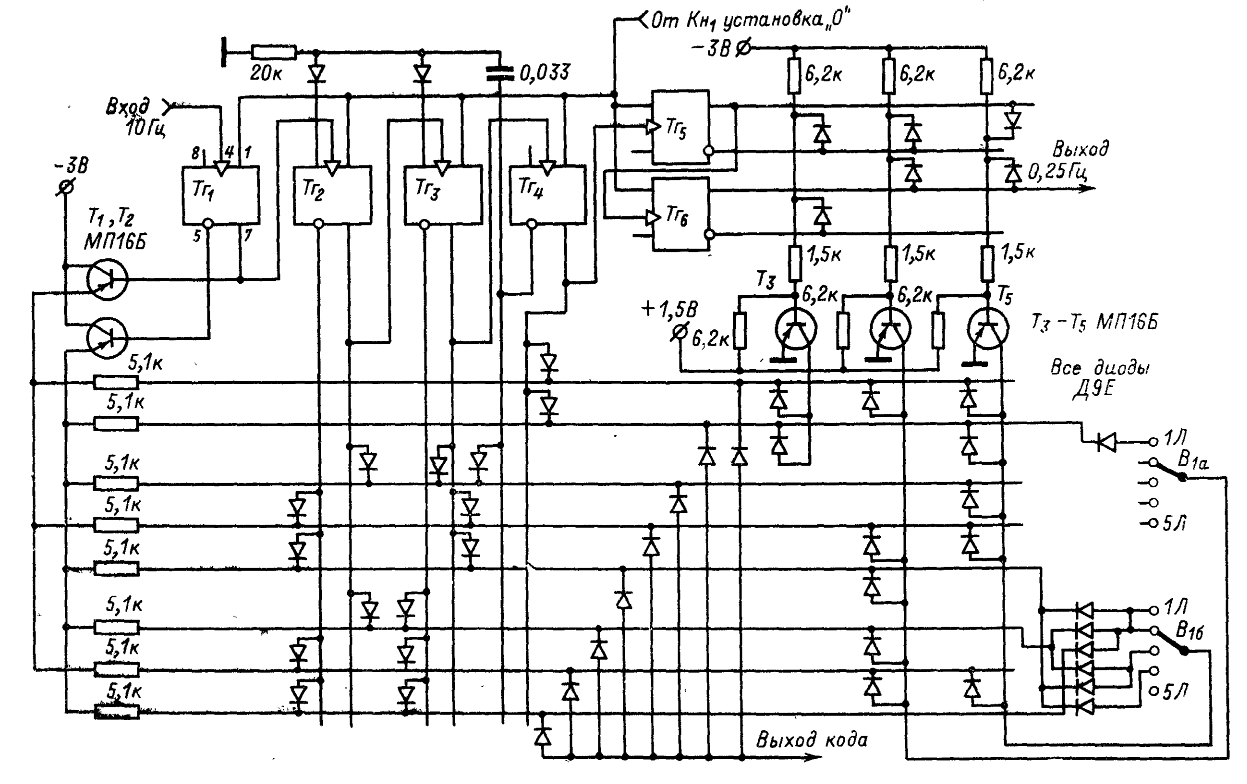


Рис. 76. Схема формирователя кода.

тельности этого импульса, будет отсутствовать напряжение. Таким образом, исключением ряда импульсов на выходе схемы ИЛИ можно получить любой требуемый код. Для примера на рис. 77 показано формирование кода пятой «лисы». Для этого на интервале от 0 до 1 с требуется исключить импульсы *3*, *7—9*; на интервале от 1 до 2 с — импульсы *3* и *7*; на интервале от 2 до 3 с — *1—5*, *7*, *9*; на интервале от 3 до 4 с — *1*, *3*, *5—9*.

Для образования кода других «лис» следует исключить импульсы *4*, *2*, *0* на интервале от 3 до 4 с и импульс *8* на интервале от 2 до 3 с переключателем $B_{1а,б}$. Из графиков видно, что импульсы *3* и *7* в формировании кода не используются; это обстоятельство позволяет упростить дешифратор, исключив из него две горизонтальные шины. Для шунтирования горизонтальных шин в интервалах от 0 до 1 с, от 2 до 3 с и от 3 до 4 с используют логические схемы И на диодах типа Д9Е, коммутируемые тремя ключами (T_3, T_4, T_5).

С выхода схемы ИЛИ сформированный код поступает на каскад временного селектора, на который поступает также напряжение с выхода дешифратора $Дш_2$. В момент совпадения напряжения транзисторы T_1 и T_2 (рис. 78) отпираются и приходят в состояние насыщения; при этом транзистор T_3 закрывается, а T_4 и T_5 открываются. На выходе ключа-стабилизатора появляется напряжение, которое поступает на каскады передатчика.

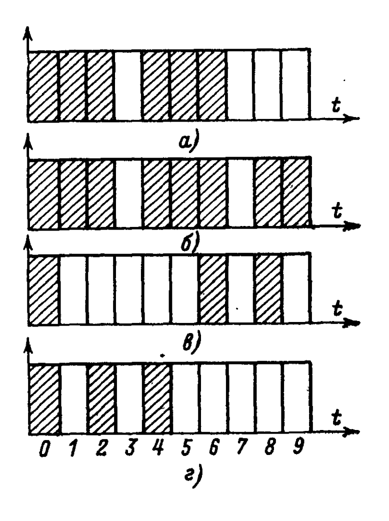


Рис. 77. График кода манипулятора.

Электронные часы. Описанный выше манипулятор может быть выполнен в виде отдельного узла и входить в блок автоматического управления либо быть составной частью электронных часов В первом случае работа манипулятора осуществляется от любого генератора с частотой 5—10 Гц. Во втором случае на вход манипулятора поступают импульсы стабильной частоты от делителя $Д_1$ и манипулятор одновременно служит делителем частоты, с импульсами на выходе длительностью 4 с.

Принципиальная схема задающего генератора $ЗГ_3$ и делителей частоты изображена на рис. 79. Задающий генератор содержит кварц в цепи обратной связи. Генератор работает на частоте последовательного резонанса кварца (12 кГц).

В качестве ячейки делителя используется схема с накопительным конденсатором и компаратором. При достижении определенного уровня на конденсаторе C_6 происходит срабатывание компаратора и конденсатор C_6 разряжается; при поступлении входных импульсов процесс повторяется. Таким образом осуществляется деление частоты входных импульсов. Коэффициент деления устанавливается дозирующим конденсатором C_5. Для уменьшения

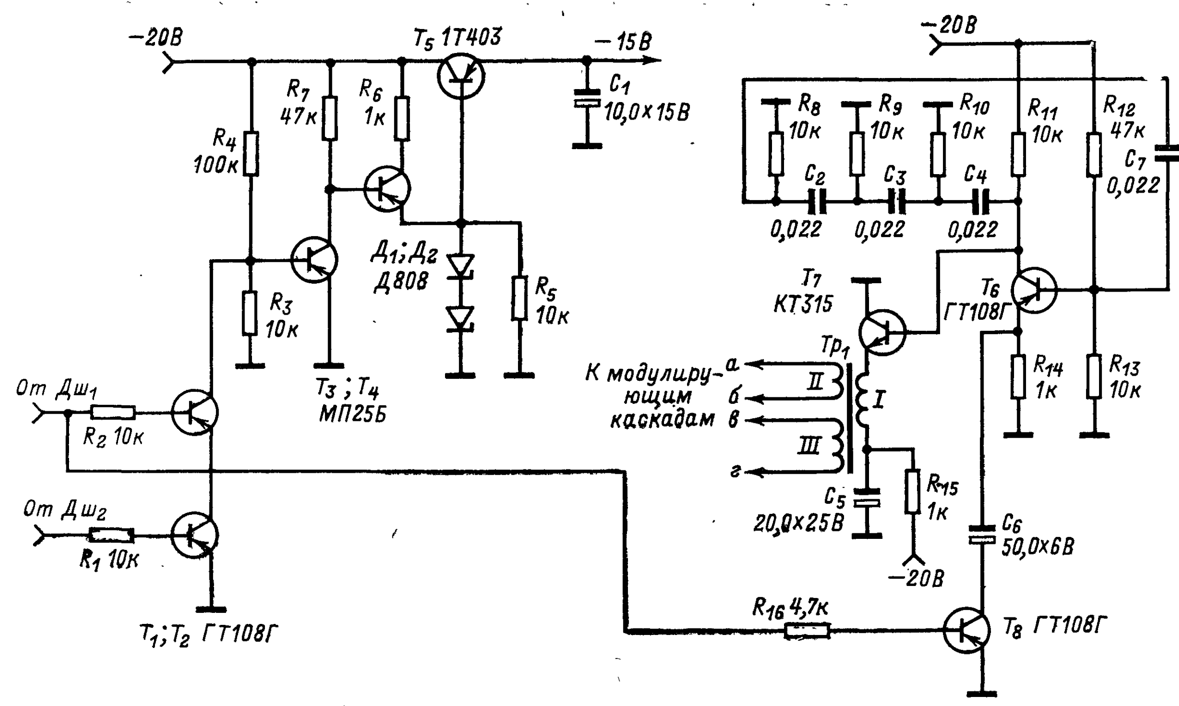


Рис. 78. Схема ключа-стабилизатора и ГНЧ.

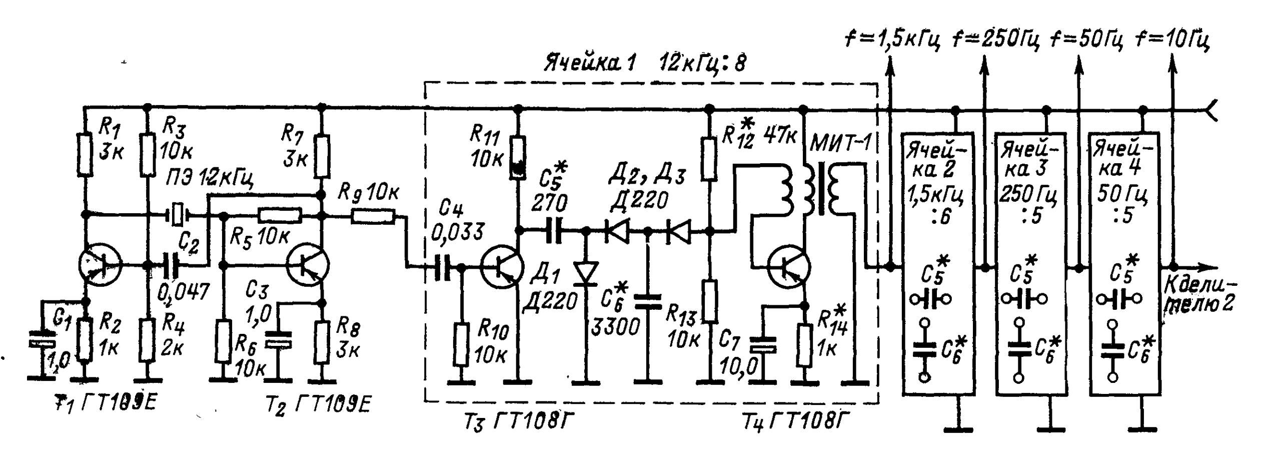


Рис. 79. Схема задающего генератора $ЗГ_3$ и делителя частоты.

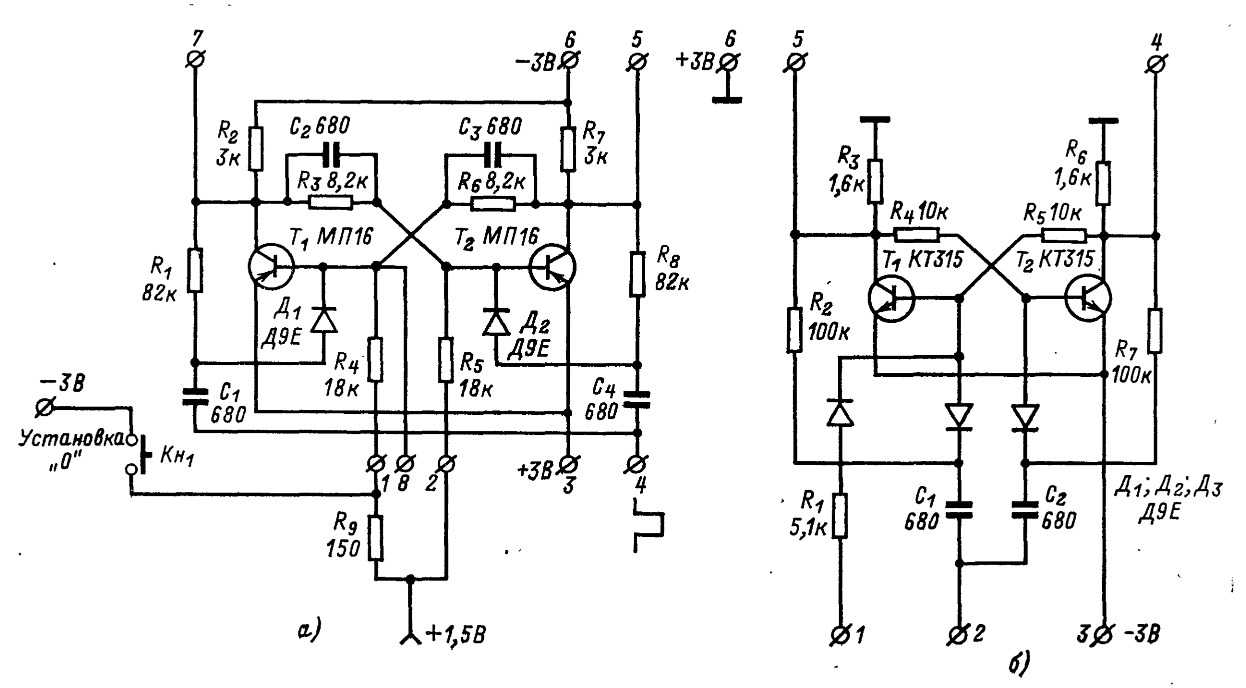


Рис. 80. Схемы триггеров.

влияния температуры на коэффициент деления конденсаторы C_5 и C_6 применены типа СГМ. Схема из четырех ячеек позволяет получить коэффициент деления 1200 и обеспечивает последовательность импульсов с частотой 10 Гц для работы манипулятора.

В качестве делителей частоты можно использовать триггеры, выполненные по схемам рис. 80,*а*, *б*. По схеме рис. 80,*а* изготовлены делительные ячейки манипулятора. Триггер на рис. 80,*б* отличается несколько меньшими размерами. При его включении в схему манипулятора следует изменить полярность источника питания и диодов дешифратора. К достоинствам делителей на триггерах относится прежде всего их способность стабильно работать в широком диапазоне температур, к тому же схема не требует наладки. К недостаткам следует отнести большое число используемых деталей.

Несколько худшими параметрами обладают часы, в которых в качестве задающего используется какой-либо другой генератор с параметрической стабилизацией частоты.

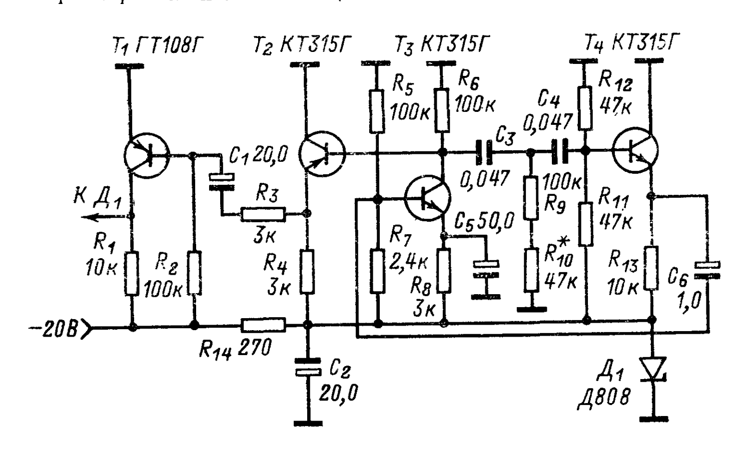


Рис. 81. Схема задающего *RC*-генератора.

Хорошие результаты можно получить, если выполнить задающий генератор по схеме рис. 81, и затем загерметизировать его. *RC*-генератор выполнен на транзисторах T_3 и T_4 типа КТ315Г, он вырабатывает синусоидальные колебания с частотой 10 Гц. На транзисторе T_1 собран формирователь, который из синусоидального колебания формирует импульсы прямоугольной формы, необходимые для запуска триггера делителя $Д_1$. Эмиттерный повторитель на транзисторе T_2 ослабляет влияние нагрузки на *RC*-генератор.

Резистор фазосдвигающей цепи R_9 герметизируют вместе с генератором. При помощи резистора R_{10} частоту задающего генератора устанавливают равной 10 Гц.

С делителя частоты $Д_3$ импульсы длительностью 4 с посупают на делитель $Д_4$, выполненный на триггерах по схеме рис. 80,*а*, а затем на делитель $Д_5$. Принципиальная схема выходной части электронных часов изображена на рис. 82. Дешифратор $Дш_2$ выполнен подобно дешифратору $Дш_1$. С выхода дешифратора им-

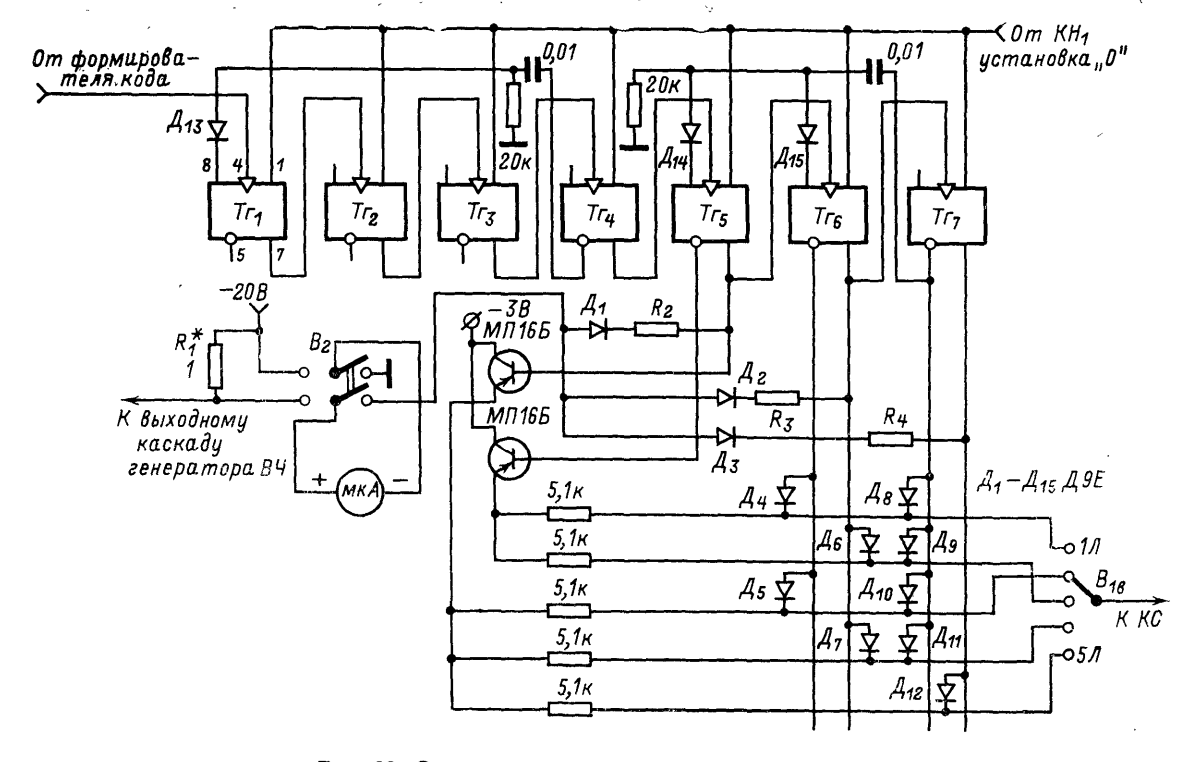


Рис. 82. Схема выходной части электронных часов.

пульс длительностью 1 мин поступает на селектор времени ключа-стабилизатора. Установка времени работы нужной «лисы» осуществляется при помощи переключателя B_1. Установка всех триггеров на «0» осуществляется кнопкой $Кн_1$, для чего все выводы *1* триггеров делителей $Д_2$—$Д_5$ соединены. В качестве табло, показывающего время в минутах, можно использовать различные схемы с газоразрядными лампами или световыми диодами. Наиболее экономичными являются стрелочные индикаторы чувствительностью 100—500 мкА. Через резисторы R_2—R_4 напряжение с триггеров поступает на микроамперметр.

Сопротивления резисторов R_2—R_4 выбирают такими, чтобы на каждый импульс на входе стрелка индикатора отклонялась на $^1/_4$ шкалы.

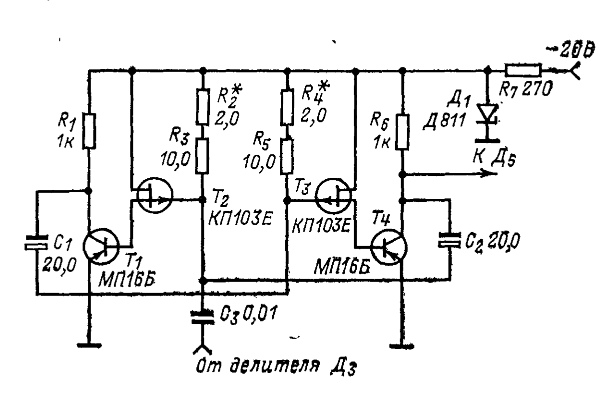


Рис. 83. Схема мультивибратора.

В одном положении переключателя B_2 микроамперметр используется как табло времени, а в другом — в качестве индикатора настройки передатчика.

Схему входной части можно упростить, если вместо делителя $Д_4$, использовать мультивибратор, выполненный по схеме рис. 83; однако при этом ухудшается температурная стабильность.

Схема мультивибратора с полевыми транзисторами позволяет получить относительно большие постоянные времени без использования конденсаторов с большими емкостями. Емкости конденсаторов C_1 и C_2 выбраны таким образом, чтобы период был равен примерно 1 мин. После изготовления и проверки работы весь мультивибратор (кроме резисторов R_2 и R_4) желательно загерметизировать, а затем подбором указанных резисторов добиться точной установки периода. Синхронизация мультивибратора осуществляется подачей импульса от выходного триггера делителя $Д_3$.

22. Конструкции передатчиков

При конструировании передатчиков прежде всего необходимо учитывать специфику работы на данной частоте. Работа на КВ и УКВ накладывает определенные требования к качеству изоляции

всех деталей, работающих на высокой частоте. Во избежание потерь качество изоляции должно быть высоким, поэтому в цепях высокой частоты следует применять керамические и воздушные конденсаторы. Для изоляторов крепления контуров и антенн необходимо применять диэлектрики, предназначенные для работы на высоких частотах (полистирол, фторопласт, высокочастотная керамика).

Особенно тщательно следует выбрать конструкцию и материал для контурной катушки задающего генератора с параметрической стабилизацией частоты. Для контура генератора с параметрической стабилизацией лучшей будет катушка индуктивности на керамическом каркасе, выполненная методом вжигания серебра. У такой катушки ТКИ составляет около $20 \cdot 10^{-6}$ град$^{-1}$. Сделать катушку с такими параметрами в домашних условиях практически невозможно. Радиолюбители применяют способ горячей намотки, при котором через провод пропускается ток, а намотка производится с натяжением провода. После намотки концы провода следует надежно закрепить на каркасе, например путем двойного пропускания через отверстия, проделанные в каркасе по краям намотки. В контуре задающего генератора не следует применять сердечники из магнитодиэлектрика, так как при этом увеличивается ТКИ катушки $(100—200) 10^{-6}$ град$^{-1}$. Катушки с ферритовыми сердечниками могут иметь больший ТКИ от $100 \cdot 10^{-6}$ до $5000 \times \times 10^{-6}$ град$^{-1}$.

Для контуров каскадов, работающих в режиме усиления или умножения частоты от 29 до 144 МГц, катушка может быть с каркасом и без каркаса. Для провода диаметром более 0,5 мм для этих же частот можно получить достаточно жесткую спираль и без каркаса. Намотку катушки без каркаса производят плотно виток к витку на стержне меньшего диаметра, чем требуется. После намотки катушку снимают со стержня и ее витки равномерно раздвигают на необходимую длину.

Монтаж передатчика должен отличаться особенно тщательным размещением деталей и проводов. При неудачном расположении их возможно возникновение паразитной связи между выходным каскадом и задающим генератором, которая может быть причиной ненормальной работы передатчика. Самым правильным следует считать расположение каскадов в одну линейку. Ненормальная работа передатчика может возникнуть и по причине неудачного расположения соединительных проводников и «земляных» лепестков, особенно на диапазоне 2 м. Каждый ВЧ каскад должен иметь свою общую точку заземления всех блокировочных элементов. Экраны и шасси нельзя использовать как проводники для высокой частоты [92].

Паразитная связь может возникнуть также и через общие провода питания. Для устранения взаимного влияния элементов применяют развязывающие фильтры. Однако при неправильном расположении элементов фильтров и особенно дросселей высокой частоты можно получить не уменьшение, а увеличение паразитной связи за счет индуктивных наводок на элементы от цепей, для защиты от которых эти фильтры предназначались.

К выбору дросселей следует отнестись особенно тщательно. На частотах диапазона 2 м вследствие наличия распределенной емкости дросселя, он может оказаться настроенным в резонанс (последовательный), что существенно снизит его сопротивление и

он не будет выполнять своей функции. Для уменьшения распределенной емкости дроссель делают в виде однослойной катушки малых размеров (2—4 мм) с переменным шагом. Собственная волна подобных дросселей λ_0 равна $3l$, где l — длина провода катушки [92].

Для диапазона 80 и 10 м хорошие результаты можно получить при изготовлении дросселей на ферритовых кольцах 200НН, 400НН и ВЧ30, ВЧ50. Такие дроссели обладают наименьшими полями излучения, что позволяет устанавливать их на небольшом расстоянии от других элементов.

Конструкция передатчика должна предусматривать защиту от влаги и пыли. Защита от прямого воздействия в данных конструкциях достигается благодаря соединению боковых стенок через уплотняющие резиновые прокладки. Однако при большой влажности воздуха все детали покрываются тонкой водяной пленкой, изменяющей параметры элементов. Особенно влияние влажности сказывается на частоте задающего генератора. Для уменьшения влияния этого фактора контур задающего генератора, катушку L_{12} (см. рис. 74) вместе с конденсаторами C_1—C_3 герметизируют. С этой целью можно использовать корпус от неисправного конденсатора типа КБГ подходящего размера. Чтобы в занимаемом объеме не оставалось влаги, корпус вместе с катушкой и конденсаторами нагревают до 60—80 °С. Для подстройки частоты контура после герметизации следует контурный конденсатор C_1 разделить на две части: основной (герметизируемый) и подстроечный. Емкость подстроечного конденсатора составляет примерно 10—15% суммарной емкости конденсатора C_1.

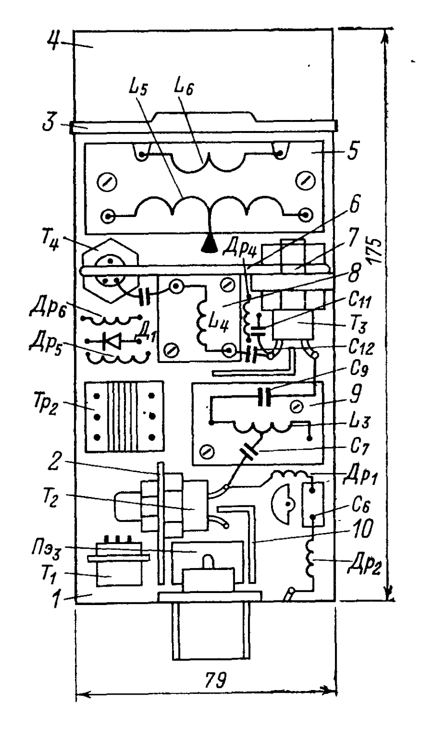


Рис. 84. Размещение основных элементов ВЧ генератора диапазона 2 м.

На рис. 84 приведено размещение основных элементов конструкции ВЧ генератора диапазона 2 м, собранного по схеме рис. 68. Элементы генератора размещены на П-образной скобе *1*, выполненной из листовой меди толщиной 1,5 мм. В качестве основы конструкции использованы основание *3* и корпус от реле типов РП-4, РП-5 или РП-7.

Антенный изолятор *4* изготовлен из фторопласта и прикреплен к скобе четырьмя винтами М3. В качестве радиаторов и экранов

использованы скобы *2*, *6*, *10*, на которых крепят транзисторы. Для удобства съема транзисторов в скобах делают пропил *7*. Изоляторы *5*, *8*, *9*, на которых установлены контуры, изготовлены из фторопласта и присоединены к основанию скобы двумя винтами М2. Катушки припаивают к медным или латунным винтам М2, ввернутым в изолятор.

Конструкции описанных выше передатчиков выполнены переносными. Корпус передатчика изготовлен из листового дюралюминия толщиной 5 мм.

Высокочастотная часть расположена на двух печатных платах.

Блок автоматики выполнен на отдельных печатных платах, закрепленных вертикально в основном корпусе. Такое расположение обеспечивает доступ к любой плате без отпайки проводов, для чего достаточно отвернуть четыре крепежных винта и продвинуть плату по направляющим желобам.

23. Налаживание передатчиков

Методика настройки передатчика зависит от его конкретной схемы и конструкции. Процесс налаживания передатчика сводится к установке режимов транзисторов, получению устойчивой генерации, необходимого коэффициента глубины модуляции и получению заданной мощности.

Регулировка однокаскадного генератора осуществляется наиболее просто. Регулировка более сложного передатчика ведется по ступеням, начиная с задающего генератора и заканчивая выходным каскадом.

К однокаскадному генератору, выполненному по схеме рис. 65,*б*, подключают источник питания, в разрыв цепи которого включен миллиамперметр. Регулировка сводится к подбору режима транзистора резистором R_2. Ток через транзистор не должен превышать 20 мА. Подбором конденсатора C_1 при подключенной антенне следует получить максимальное напряжение ВЧ на резисторе R_3.

В схеме рис. 65,*а* установка режима производится резисторами R_2 и R_3, напряжения $U_{к.э}$ на транзисторах T_1 и T_2 должны быть примерно равными. Ток через транзисторы должен быть не более 30 мА. Максимальное значение напряжения ВЧ на коллекторе транзистора T_2 устанавливают подбором конденсатора C_1.

В простейшем передатчике (рис. 65,*в*) настройка осуществляется следующим образом. Вначале настраивают генератор ВЧ, затем *RC*-генератор, и наконец, проверяют совместную работу этих каскадов.

При изготовлении контурных катушек по данным табл. 9 процесс настройки сводится к установке частоты с помощью конденсатора C_8 и подстройке в резонанс коллекторного контура по минимуму показаний миллиамперметра в цепи питания. Пользуясь табличными данными, следует учитывать, что небольшие отклонения размеров каркаса контурной катушки или диаметра бескаркасной катушки, расстояний между витками, неточность в размещении деталей могут привести к значительному изменению рабочей частоты. Поэтому данные контуров, приведенные в описании, следует считать только лишь ориентировочными.

По этой причине при настройке может возникнуть необходимость изменения емкостей конденсаторов C_7 и C_{12}. Подключив

вместо ВЧ генератора в цепь эмиттера T_2 резистор сопротивлением 470 Ом, настраивают RC-генератор. Изменением сопротивления резистора R_3 следует получить неискаженную амплитуду НЧ колебаний на резисторе и устойчивую генерацию. Контроль следует осуществлять при помощи осциллографа.

Подключив вместо резистора ВЧ генератор, получим на выходе амплитудно-модулированное ВЧ колебание. Измерение глубины модуляции можно осуществить при помощи измерителей модуляции либо с помощью осциллографа. В качестве измерителя глубин модуляции можно использовать прибор С2-10. Измерить глубину модуляции можно и при помощи обычного генератора типа ГСС-6. Для этой цели переключатель диапазонов ГСС-6 ставят в нейтральное положение между двумя любыми диапазонами, а генератор ВЧ подключают к гнезду 0—1 В. При этом измеритель глубины модуляции прибора будет показывать коэффициент модуляции исследуемого генератора ВЧ. Глубину модуляции устанавливают равной 50—70% с помощью резистора R_4. При этом необходимо вновь установить режим генерации при помощи резистора R_3.

Контроль частоты генерации осуществляют при помощи приемника или гетеродинного индикатора резонанса *ГИР*.

Настройка передатчика, выполненного по схеме рис. 67, производится следующим образом. Вначале настраивают задающий генератор на транзисторе T_1. Для этого необходимо отключить катушки связи от транзистора T_2 и подключить в качестве эквивалента резистор сопротивлением 100 Ом, к последнему следует подключить ламповый вольтметр с ВЧ головкой. Подбором связи катушек L_2 и L_4 с контурами следует получить выходную мощность с каскада 30 мВт в диапазоне 80 м и 50 мВт в диапазоне 10 м. Мощность определяют по напряжению и сопротивлению эквивалента нагрузки

$$P = U^2/R_э,$$

где P — мощность на эквиваленте нагрузки, Вт; U — эффективное значение напряжения на эквиваленте нагрузки, В; $R_э$ — сопротивление эквивалента нагрузки, Ом.

Регулировку промежуточного каскада передатчика на транзисторе T_2 производят в следующем порядке. Каскад нагружают эквивалентом выходного каскада (резистор сопротивлением 47 Ом). К резистору подключают вольтметр, а в коллекторную цепь транзистора T_2 миллиамперметр. Напряжение питания уменьшают до 50% номинального. Это необходимо для предотвращения выхода из строя транзистора, так как при сильной расстройке коллекторный контур имеет малое сопротивление для высокой частоты.

Настройку контуров производят сердечниками катушек L_5 и L_7 по максимальному показанию лампового вольтметра.

Выходная мощность промежуточного каскада в диапазоне 80 м около 0,2 Вт, в диапазоне 10 м 0,4 Вт (при номинальном напряжении питания). При помощи миллиамперметра следует контролировать ток через транзистор T_2.

Настройка выходного каскада 80 м диапазона сводится к подбору напряжения возбуждения изменением связи катушки L_6 с контурной для получения требуемой выходной мощности.

При регулировке выходного каскада 10 м диапазона требуется подобрать оптимальную связь с антенной для получения задан-

апазоне 80 м осуществляется с помощью сердечника, а в диапазоне 10 и 2 м — подстроечными конденсаторами C_{35} и C_{37}. Полоса захватывания в диапазоне 80 м должна быть не менее 200 кГц, а в диапазонах 10 и 2 м соответственно 1,5 МГц и 2 МГц. Амплитуду напряжения синхронизации устанавливают конденсаторами C_6, C_{13} и C_{23}.

Настройка выходных ВЧ каскадов особенностей не имеет. При настройке каскадов в режиме амплитудной модуляции для получения необходимой глубины модуляции следует подобрать амплитуду НЧ колебаний на базах транзисторов T_6 и T_8.

При выполнении задающего генератора по схеме рис. 74 следует проверить температурный коэффициент частоты и произвести, если потребуется, подбор емкостей конденсаторов, входящих в C_1 с различными ТКЕ. Для проверки ТКЧ задающий генератор следует поместить в термокамеру. Вначале измеряют частоту генератора при нормальной температуре, затем температуру повышают. После 1—2 ч выдержки производят измерение частоты возбудителя. Для отрицательных температур процесс испытаний аналогичен. Температурный коэффициент частоты определяют по формуле

$$\text{ТКЧ} = \frac{\Delta f}{(T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}})\, f_0} \cdot 10^{-6}. \qquad (21)$$

Проверку формы (телеграфного) сигнала производят с помощью осциллографа. Правильная форма сигнала близка к прямоугольной со слегка закругленными краями. Качество работы в телеграфном режиме можно проверить и с помощью приемника. При прослушивании работы передатчика можно обнаружить паразитные колебания, нестабильность частоты RC-генератора и т. д. Проверка работы всех передатчиков в телеграфном режиме заключается в оценке искажений формы телеграфных сигналов при заданной скорости манипуляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аппаратура для «охоты на лис» непрерывно совершенствуется. Увеличивается чувствительность и избирательность приемников, снижается их масса, повышается надежность. Используются устройства для повышения оперативности и точности определения азимутов и расстояний до передатчиков, вводятся элементы автоматики. Определить конкретные пути, по которым будет совершенствоваться аппаратура для «охоты на лис» в будущем, довольно трудно, однако представляется целесообразным отметить ряд вопросов, решение которых требует практической реализации уже сегодня.

1) Проведение экспериментов и разработка устройства для электронной коммутации плеч активного вибратора в антенне типа «волновой канал», обеспечивающего пеленгацию по минимуму сигнала. Решение этой задачи позволит значительно повысить точность пеленгации в УКВ диапазоне;

2) дальнейшее развитие методов искусственного «обострения» диаграмм направленности пеленгаторов (использованием ограничителей уровня сигнала, генераторов тона переменной частоты; введением положительной обратной связи);

3) разработка электронных систем, позволяющих надежно определять расстояние с точностью, достаточной для выхода в район ближнего поиска, а при ближнем поиске — для точного определения места расположения передатчика, обеспечивающего обнаружение «лисы» в период между сеансами ее работы;

4) разработка РПК с диаграммой направленности с одним минимумом и точностью определения азимута около 1°, причем РПК должен обеспечивать оперативное и легкое определение азимута без остановки спортсмена;

5) одной из важнейших задач в отношении передающей аппаратуры является решение проблемы служебной связи. При этом автоматический трехдиапазонный передатчик и радиостанция служебной связи могут быть объединены, что позволит уменьшить массу и стоимость за счет использования общих узлов. Служебная связь может быть выполнена в виде комплекта маломощных радиостанций у операторов «лис» и достаточно мощной и высокочувствительной радиостанции, располагаемой на финише или старте. Последнее решение

позволит избежать возможности обмена информацией между операторами «лис»;

6) для оперативного сбора операторов к месту финиша после тренировок и соревнований желательно, чтобы связной приемник мог служить и пеленгатором;

7) разработка простых передатчиков на базе современных интегральных микросхем. Это позволит существенно снизить массу, упростить конструкцию передатчиков и обеспечить их изготовление силами самих спортсменов.

Список литературы

1. **Гумеля Е.** Приемник для «охоты на лис». — «Радио», 1958, № 5, с. 27—29.

2. **Правила** соревнований по радиоспорту. М., Изд-во ДОСААФ, 1970, 96 с.

3. **Гречихин А.** Школа начинающего «лисолова». — «Радио», 1966, № 3, с. 20—24; № 4, с. 14—16; № 5, с. 21—23.

4. **Луценко К. П.** Организация и судейство соревнований по радиоспорту. М., Изд-во ДОСААФ, 1962. 89 с.

5. **Казанский Н. В.** Пособие тренера по радиоспорту. М., Изд-во ДОСААФ, 1963. 148 с.

6. **Navratil J., Skoda Z.** Lovime radiovou lisku. Praha, 1964. 177 c.

7. **Konwicki I., Konwinski W., Lachowski Z.** Amatorska pelengac ja — lowy na lisa, Warszawa, 1970, 248 c.

8. **Гречихин А.** Соревнования «охота на лис». М., Изд-во ДОСААФ, 1973. 176 с.

9. **Баранов А. А.** Юный радиоспортсмен. М., Изд-во ДОСААФ, 1973. 97 с.

10. **Кузьмин В.** На старте радиопеленгация. — «Радио», 1974, № 6, с. 10—11.

11. **Верхотуров В.** «Охота на лис» — круглый год. — «Радио», 1971, № 2, с. 13—14.

12. **Meissner S.** Training—Technik—Taktik.—«Funkamateur», 1972, № 4, с. 164—165; № 5, с. 215—216; № 6, с. 267—268.

13. **Казанский Н.** Работа с начинающими «охотниками». — «Радио», 1971, № 8, с. 12—13.

14. **Партин А.** Тренажер «охотника на лис». — «Радио», 1973, № 12, с. 25.

15. **Белоусов А.** Оснащение «лисолова». — «Радио», 1968, № 10, с. 25—26.

16. **Кукес И. С., Старик М. Е.** Основы радиопеленгации. М., «Советское радио», 1964, 640 с.

17. **Долуханов М. П.** Распространение радиоволн. Изд. 3-е. М., Связьиздат, 1965. 400 с.

18. **Вертанесьян В. А., Гойхман Э. Ш., Рогаткин М. П.** Радиопеленгация. М., Изд-во Министерства обороны СССР, 1966. 248 с.

19. **Белоцерковский Г. Б.** Антенны. М., Оборонгиз, 1956, 496 с.

20. **Верещагин Е. М.** Антенны и распространение радиоволн. Воениздат, 1964, 238 с.

21. **Харченко К. П.** УКВ антенны. М., Изд-во ДОСААФ, 1969, 112 с.

22. **Techniques Мединец Ю.** Антенна «лисолова». — «Радио», 1970, № 7, с. 31.

23. **Харченко К. П.** Малогабаритная антенна «лисолова» 144 МГц. — «Радио», 1973, № 5, с. 17—18.

24. **Ротхаммель К.** Антенны. Изд. 2-е. М., «Энергия», 1969. 312 с.
25. **Калихман С. Г., Левин Я. М.** Основы теории и расчета радиовещательных приемников на полупроводниковых приборах. М., «Связь», 1963, 480 с.
26. **Екимов В. Д.** Расчет и конструирование транзисторных радиоприемников. М., «Связь», 1972. 216 с.
27. **Соболевский А. Г.** Вы хотите сконструировать приемник? «Связь», 1971, 216 с.
28. **Шапиро Д. Н.** Расчет каскадов транзисторных радиоприемников. М., «Энергия», 1968, 352 с.
29. **Брускин В. Я.** Номограммы для радиолюбителей. М., «Энергия», 1972. 104 с.
30. **Партин А. С.** Антенна «лисолова» на 3,5 МГц. — «Радио», 1973, № 12, с. 10.
31. **Бекетов В. И., Харченко Н. П.** Измерения и испытания при конструировании и регулировке радиолюбительских антенн. М., «Связь», 1971, 302 с.
32. **Крылов И.** ГИР-волномер-кварцевый калибратор.—«Радио», 1973, № 7, с. 14.
33. **Хомич В.** Ферритовые антенны для «лисолова». — «Радио», 1966, № 7, с. 21.
34. **Самцович Е.** Антенна для «охоты на лис». — «Радио», 1963, № 12, с. 18.
35. **Лобачев Ю.** Индикатор направления антенны. — «Радио», 1964, № 3, с. 31.
36. **Шур А.** Настройка и испытание УКВ антенн. — «Радио», 1961, № 2, с. 48—51.
37. **Носов В.** Коротковолновые ферритовые антенны. — «Радио», 1968, № 10, с. 28—29.
38. **Васецкий А.** АРУ в «лисоловах». — «Радио», 1967, № 8, с. 25.
39. **Верхотуров В. Н.** Тренироваться круглый год. — «Радио», 1970, № 10, с. 11—12.
40. **Бунимович С. Г., Яйленко Л. П.** Техника любительской однополосной радиосвязи. М., Изд-во ДОСААФ, 1970, 244 с.
41. **Акимов А.** «Лисолов» на 3,5 МГц. — «Радио», 1967, № 1, с. 29—31.
42. **Акимов А.** «Лисолов» на 144—146 МГц. — «Радио», 1968, № 3, с. 22—24.
43. **Балашов Н.** Приемник юного «лисолова». — «Радио», 1971, № 3, с. 49—50.
44. **Борисов В.** Приемник «лисолова». — «Радио», 1974, № 4, с. 49—51.
45. **Борисов В.** Приемник юного «лисолова» с электронной настройкой. — «Радио», 1972, № 4, с. 51.
46. **Верхотуров В., Калачев В.** Приемник для «охоты на лис».— «Радио», 1974, № 2, с. 12—16.
47. **Воробьев С.** Приемник-«лисолов». — «Радио», 1965, № 5, с. 24—25.
48. **Калачев В., Верхотуров В.** Трехдиапазонный приемник для «охоты на лис». — «Радио», 1969, № 4, с. 17—20.
49. **Кузнецов А.** Приемник юного «лисолова». — «Радио», 1973, № 4, с. 49—51.
50—59. **Кузьмин В.** Приемник «лисолова». — «Радио», 1971, № 6, с. 14—16.

60. **Кузьмин Ю.** Приемник для «охоты на лис». — «Радио», 1964, № 2, с. 20—21.
61. **Мальцев Г.** Приемник для «охоты на лис». — «Радио», 196J, № 6, с. 16—17.
62. **Ситнов Ф.** «Лисолов» на 3,5 МГц с радиокомпасом. — «Радио», 1968, № 3, с. 24—25.
63. **Таготин Ю.** Приемник для «охоты на лис». — «Радио», 1967, № 3, с. 20—21.
64. **Becker E., Strauch W.** 80-m-Fuchsjagdempfänger mit Piezofilter und integrierten Schaltkreisen. — «Funkamateur», 1972, № 1, c. 31—34.
65. **Dusak M., Kubes E.** Konvertor pro hon na lisku v pasmu 3,5 az 3,8 MHz. — «Amaterske Radio», 1968, № 4, c. 142—143.
66. **Hoffman G.** 80-m-Band-Empfänger-leicht realisierbar. — «Funkamateur», 1973, № 5, c. 242.
67. **Klauk D.** 80-m-Fuchsjagdempfänger. — «Funkamateur», 1972, № 7, c. 341—343.
68. **Kubes E.** Prijimac 145 MHz pro hoh na lisku. — «Amaterske Radio», 1967, № 9, c. 365—366.
69. **Kryska L.** Prijimac pro hon na lisku v pasmu 3,5 MHz,— «Amaterske Radio», 1965, № 1, c. 41.
70. **Meissner S.** Ein interessanter 80-m-Fuksjagdempfänger. — «Funkamateur», 1970, № 3, c. 143—145.
71. **Navratil J.** Prijimac na lisku pro mladez.—«Amaterske Radio», 1973, № 8, c. 315.
72. **Rajchl M.** Prijimac pro hon na lisku. — «Amaterske Radio», 1973, № 7, c. 272.
73. **Venzke R., Hentschel O.** Ein Peilempfänger für das 80-m-Band. — «Funkamateur», 1972, № 11, c. 556—559.
74. **Андрианов В.** Гибридные интегральные микросхемы серии К237. — «Радио», 1973, № 5, с. 57—59.
75. **Томсон Т., Линде В.** Техника прямого преобразования ждет экспериментаторов. — «Радио», 1972, № 8, с. 10—11, с. 14.
76. **Поляков В.** Приемник прямого преобразования на 28 МГц.— «Радио», 1973, № 7, с. 15, 16.
77. **Инструкция** о порядке регистрации и эксплуатации любительских приемно-передающих радиостанций индивидуального и коллективного пользования. М., Изд-во ДОСААФ, 1973, 10 с.
78. **Каганов В. Н.** Радиопередатчики малой и средней мощности. Л., «Энергия», 1964. 280 с.
79. **Шитиков Г. Т.** Стабильные диапазонные автогенераторы. М., «Советское радио», 1965, 614 с.
80. **Каганов В. И.** Транзисторные радиопередатчики. М., «Энергия», 1970. 328 с.
81. **Радиопередающие** устройства на полупроводниковых приборах. Под ред. Р. А. Валитова и И. М. Попова. М., «Советское радио», 1973. 462 с.
82. **Проектирование** радиопередающих устройств малой и средней мощности. Авт.: Верзунов М. В., Лапицкий Е. Г., Семенов А. М., Сосновкин Л. Н. Л., «Энергия», 1967, 345 с.
83. **Дробов С. А., Бычков С. И.** Радиопередающие устройства. М., «Советское радио», 1965. 720 с.
84. **Аршинов С.** Температурная компенсация собственной частоты контуров. — «Радио», 1953, № 10, с. 39—40.

85. **Грей Л., Грехем Р.** Радиопередатчики. М., «Связь», 1965. 480 с.

86. **Радиотехнические** схемы на транзисторах и туннельных диодах. Под ред. Р. А. Валитова. М., «Связь», 1972. 404 с.

87. **Плонский А. Ф., Медведев В. А., Якубец-Якубчик Л. Л.** Транзисторные автогенераторы метровых волн, стабилизированные на механических гармониках кварца. М., «Связь», 1969, 207 с.

88. **Белов В., Табачников П.,** Параметрические умножители частоты на транзисторах малой мощности. — В кн.: Полупроводниковые приборы и их применение. М., «Советское радио», 1966, вып. 21, с. 65—69.

89. **Судаков Ю. И.** Амплитудная модуляция и автомодуляция транзисторных генераторов. М., «Энергия», 1969, 392 с.

90. **Якимов Я**. Автоматично управление на предаватели за радиозасичане. — «Радио, телевизия, електроника», 1971, № 23, с. 53—58.

91. **Привалов С.** «Лиса» с часовым механизмом. — «Радио», 1970, № 3, с. 18.

92. **Фролов А. Д.** Теоретические основы конструирования и надежности радиоэлектронной аппаратуры. М., «Высшая школа», 1970, 488 с.

93. **Ошер Д. М., Малинский В. Д., Теплицкий Л. Я.** Регулировка и испытание радиоаппаратуры. М., «Энергия», 1971. 304 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВИКТОР НИКОЛАЕВИЧ ВЕРХОТУРОВ
ВИКТОР АЛЕКСЕЕВИЧ КАЛАЧЕВ
ВАДИМ ГЕННАДИЕВИЧ КУЗЬМИН

РАДИОАППАРАТУРА ДЛЯ «ОХОТЫ НА ЛИС»

Редактор Н. В. Казанский
Редактор издательства Г. Н. Астафуров
Обложка художника А. А. Иванова
Технический редактор Н. А. Галанчева
Корректор Э. А. Филановская

Сдано в набор 17/II 1976 г. Подписано к печати 27/IV 1976 г.
Т-06962 Формат 84×108 $^1/_{32}$ Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 8,82 Уч.-изд. л. 10,75
Тираж 40 000 экз. Зак. 544 Цена 44 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Московская типография № 10 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.